



Widmo promieniowania cieplnego

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



Czy to nie ciekawe?

Zdjęcia z teleskopu kosmicznego Hubble'a ukazują nam niezwykle, dynamiczne wydarzenia we Wszechświecie. Jedno z nich przedstawia zderzenie dwóch galaktyk, czyli ogromnych skupisk wielu miliardów gwiazd, gazu i pyłu międzygwiazdowego. Zderzenie to spowodowało lawinowe tworzenie się nowych gwiazd. Ale skąd my właściwie wiemy, które gwiazdy są młode, niedawno utworzone, a które stare? Informacje te uzyskujemy z analizy widm promieniowania termicznego gwiazd. Jeśli chcesz dowiedzieć się więcej, zapraszamy do dalszej lektury.



Rys. a. Zderzenie dwóch galaktyk uchwycone przez teleskop Hubble'a.

Twoje cele

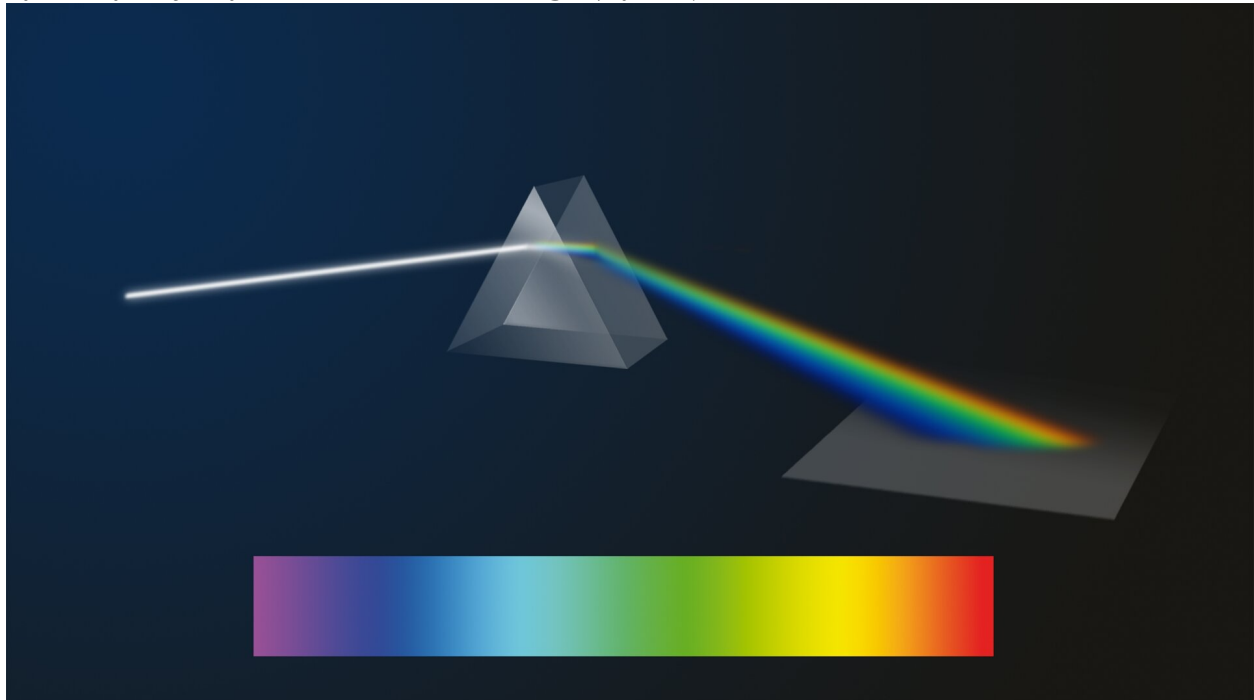
- dowiesz się, czym jest promieniowanie termiczne,
- zrozumiesz przyczynę emisji promieniowania termicznego,
- opiszysz krzywą rozkładu widmowego promieniowania termicznego,
- przeanalizujesz zależność kształtu widma promieniowania termicznego od temperatury.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Wszystkie ciała o temperaturach wyższych niż zero bezwzględne emitują promieniowanie termiczne, zwane też promieniowaniem cieplnym. Są to **fale elektromagnetyczne**, emitowane przez cząstki obdarzone ładunkiem elektrycznym w wyniku ich ruchu termicznego w materii. Przez ruch termiczny rozumiemy nieustający, bezładny ruch molekuł, z których składa się każde ciało. Na skutek zderzeń i oddziaływań międzycząsteczkowych energia poszczególnych molekuł wciąż ulega zmianie. Doznają one przyspieszeń i oscylacji. Atomy składają się z dodatnio naładowanego jądra i elektronów o ujemnym ładunku. Gdy cząstka naładowana porusza się z przyspieszeniem, emituje falę elektromagnetyczną.

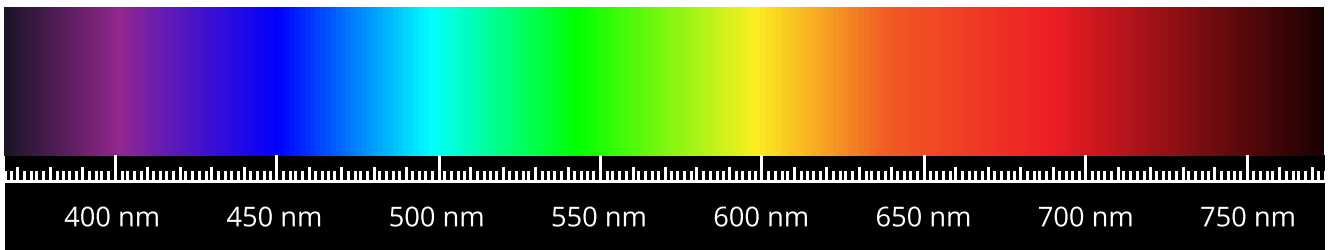
Wiemy z doświadczenia, że ciała o bardzo wysokich temperaturach, jak na przykład płynny metal lub **fotosfera** Słońca, świecą białym światłem. Jeśli to światło przepuścimy przez pryzmat, ulegnie ono rozszczepieniu na poszczególne barwy (Rys. 1.). Każda barwa odpowiada innej długości fali elektromagnetycznej od 400 nm dla światła o barwie fioletowej do 700 nm dla światła czerwonego. Rozszczepiając światło białe na poszczególne barwy, otrzymujemy widmo światła białego (Rys. 2.).



Rys. 1. Światło rozszczepia się w pryzmacie na poszczególne barwy, tworząc widmo światła białego

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

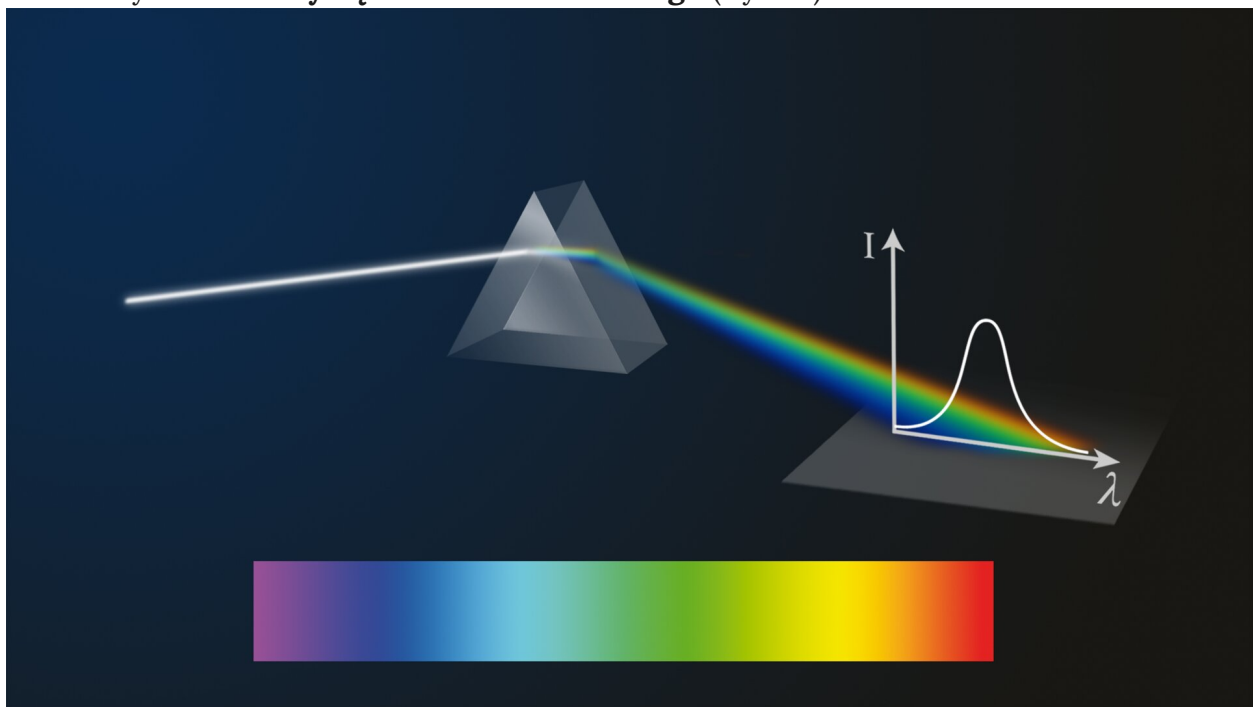


Rys. 2. Widmo światła białego

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

Widmo promieniowania to zarejestrowany obraz promieniowania rozłożonego na poszczególne długości fal.

Rozszczepienie światła białego pokazuje, z jakich barw składa się to światło, ale nie daje informacji, jaka jest moc promieniowania we wszystkich kolejnych miejscach barwnego widma. Aby dokładniej zbadać widmo promieniowania, należałoby wzdłuż widma przemieszczać czujnik, na przykład fotokomórkę, który zmierzy moc dla każdej długości fali. Zmierzona ilość energii promieniowania w określonych zakresach długości fali światła λ pozwala wykreślić **krzywą rozkładu widmowego** (Rys. 3).

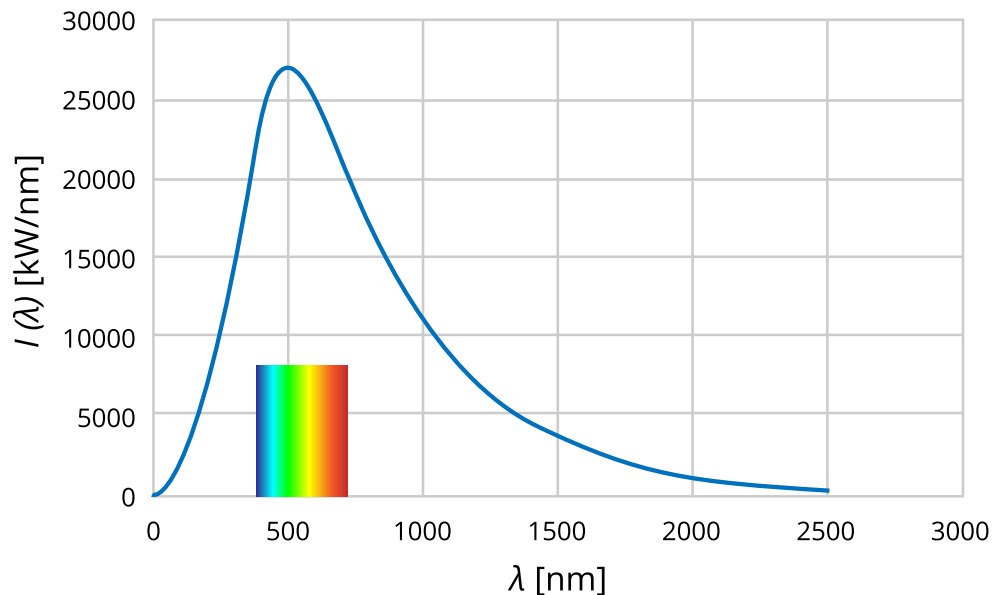


Rys. 3. Krzywa rozkładu widmowego obrazuje zmierzoną ilość energii promieniowania w określonych zakresach widma

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

Na Rys. 4. przedstawiona jest krzywa rozkładu widmowego promieniowania słonecznego. Na osi pionowej zaznaczona jest energia promieniowania przypadająca na przedział długości fali ($\lambda, \lambda + \Delta\lambda$), wyemitowana w jednostce czasu, na osi poziomej długość fali promieniowania λ z zaznaczonym zakresem długości fal światła widzialnego. Promieniowanie Słońca daleko wychodzi poza ten zakres. Zawiera promieniowanie

nadfioletowe, o długościach mniejszych od długości fal dla światła widzialnego oraz promieniowanie **podczerwone**, o długościach fal większych od światła widzialnego. W promieniowaniu Słońca zawarte są wszystkie długości fal światła widzialnego, dlatego światło słoneczne odbieramy jako białe.

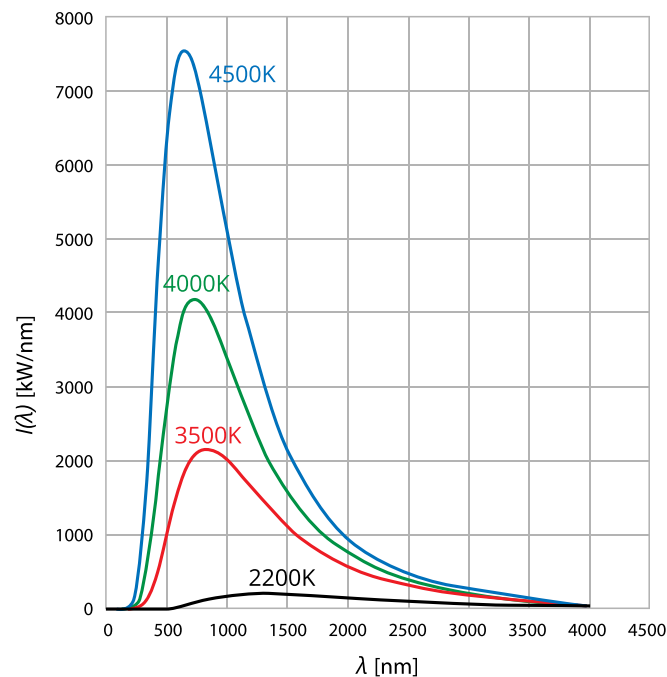


Rys. 4. Krzywa rozkładu widmowego promieniowania słonecznego – zależność natężenia promieniowania od długości fali

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

Maksimum wykresu przypada na długość fali około 500 nm, co odpowiada barwie zielonej.

Położenie maksimum promieniowania określa temperatura ciała emitującego promieniowanie. Im wyższa temperatura, tym mniejsza długość fali maksimum promieniowania (Rys. 5.). Z tego powodu, gdy rozgrzane ciało zaczyna świecić, najpierw świeci czerwonym światłem, a w miarę wzrostu temperatury barwa zmienia się na żółtą i w końcu białą, gdyż zwiększa się udział światła o krótszych falach.



Rys. 5. Krzywe rozkładu widmowego promieniowania termicznego dla różnych temperatur ciała emitującego promieniowanie

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

Promieniowanie emitowane przez ludzi i większość przedmiotów wokół nas nie jest widoczne, bo maksimum promieniowania leży w zakresie podczerwieni. Nasze oczy nie mogą odbierać takiego promieniowania, ale może je wykryć [kamera termowizyjna](#), która rejestruje promieniowanie podczerwone (Rys. 6.).



Rys. 6. Obraz z kamery termowizyjnej pokazuje temperaturę obiektów. Barwa biała oznacza najwyższą temperaturę, kolor niebieski – najniższą.

Źródło: Lcamtuf, dostępny w internecie: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Termografia_kot.jpg [dostęp 8.06.2023], licencja: CC BY-SA 3.0.

Krzywe rozkładu widmowego promieniowania termicznego dla wyższych temperatur leżą wyżej niż dla niższych. Oznacza to, że ze wzrostem temperatury ciała, zwiększa się całkowita energia promieniowania. Pole pod wykresem jest miarą całkowitej energii wypromieniowanej przez jednostkową powierzchnię ciała. Energia promieniowania emitowana przez jednostkową powierzchnię silnie zależy od temperatury. Dlatego ciała o bardzo wysokiej temperaturze świecą znacznie jaśniej niż ciała chłodniejsze.

Słowniczek

Fotosfera

(ang. photosphere) – widoczna gołym okiem powierzchniowa warstwa Słońca.

Kamera termowizyjna

(ang. infrared camera) – urządzenie rejestrujące promieniowanie podczerwone, które jest przetwarzane, w wyniku czego powstaje obraz temperaturowy obiektów.

Fale elektromagnetyczne

(ang. electromagnetic wave) – rozchodzące się w przestrzeni zaburzenie pola elektromagnetycznego.

Podczerwień

(ang. infrared radiation) – promieniowanie elektromagnetyczne o długościach fal większych niż dla światła widzialnego.

Nadfiolet

(ang. ultraviolet) – promieniowanie elektromagnetyczne o długościach fal mniejszych niż dla światła widzialnego.

Grafika interaktywna

Widmo promieniowania cieplnego

Pobaw się grafiką interaktywną i klikając punkty na powierzchni Słońca, Syriusza A, Syriusza B, a także w obrębie plam słonecznych, obejrzyj widma promieniowania emitowanego z tych miejsc. Grafikę najlepiej oglądać w trybie pełnoekranowym.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/Dd6miV60Q>.

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

Polecenie 1

Wyjaśnij, jaki jest związek długości fali λ_{\max} , dla której występuje maksimum promieniowania, z temperaturą ciała emitującego promieniowanie.

Polecenie 2

Wiedząc, że długość fali elektromagnetycznej i jej częstotliwość związane są relacją

$$\lambda = \frac{c}{f},$$

narysuj wykres temperatury ciała od częstotliwości fali, dla której występuje maksimum promieniowania. Czy możesz zaproponować na podstawie tego wykresu wzór opisujący temperaturę ciała w funkcji długości fali λ_{\max} ?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



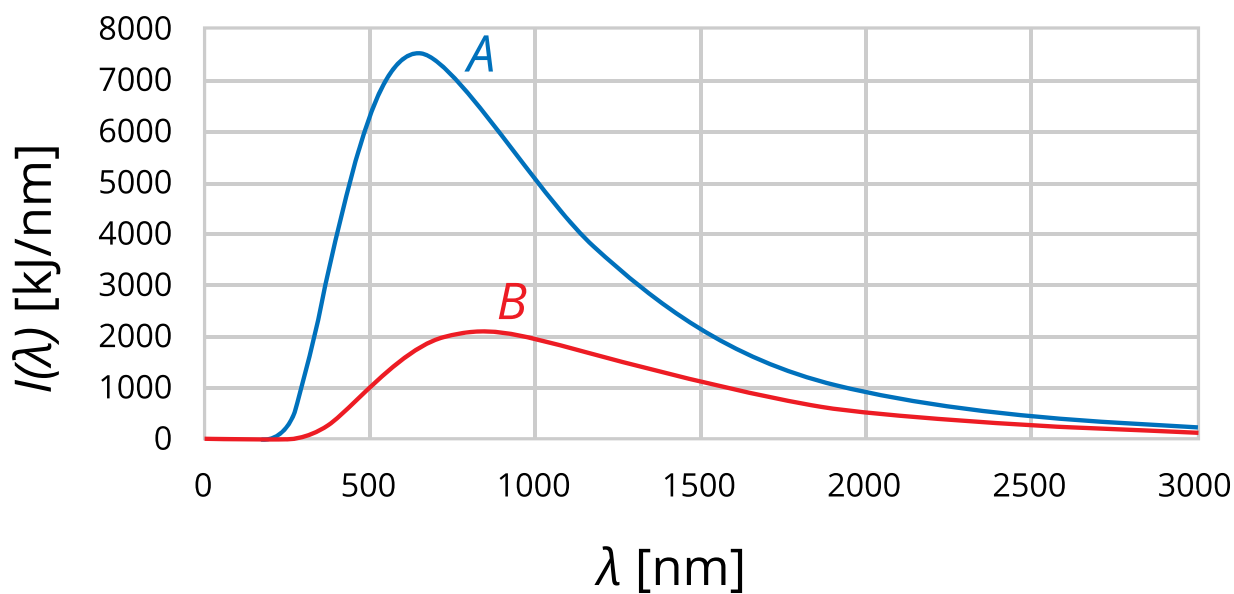
Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



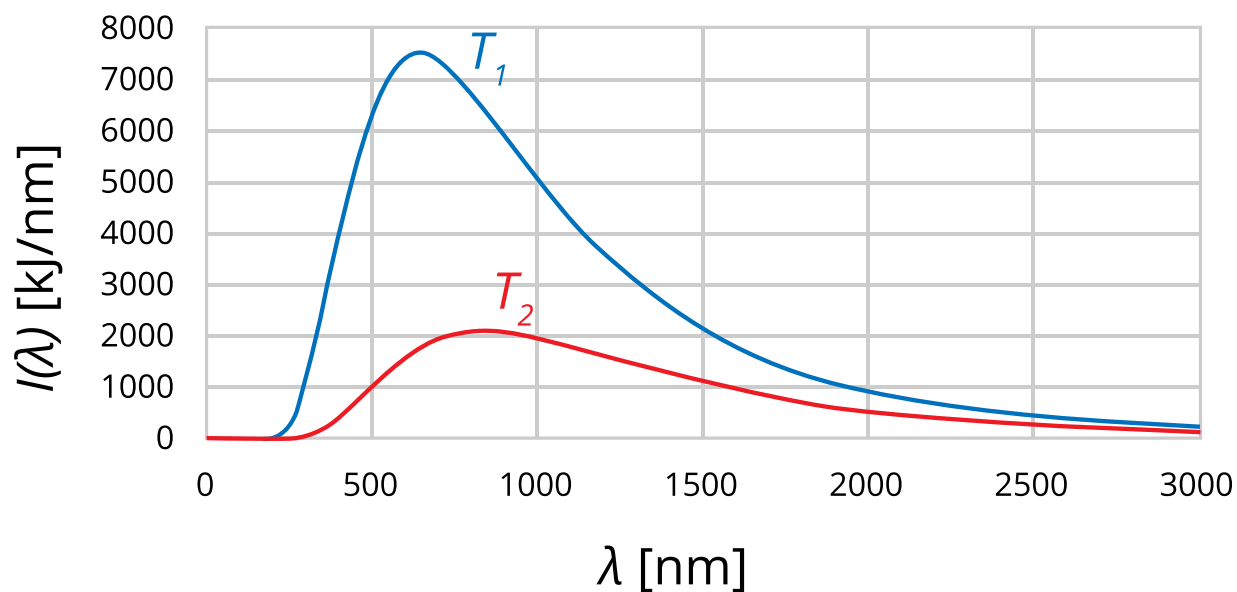
Wykres przedstawia krzywe rozkładu widmowego promieniowania termicznego dwóch ciał o jednakowej powierzchni: A i B. Które z tych ciał świeci jaśniej? Odpowiedź uzasadnij.



Ćwiczenie 5



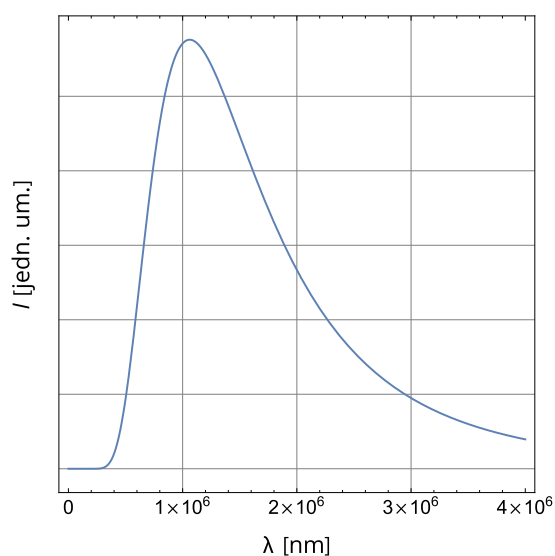
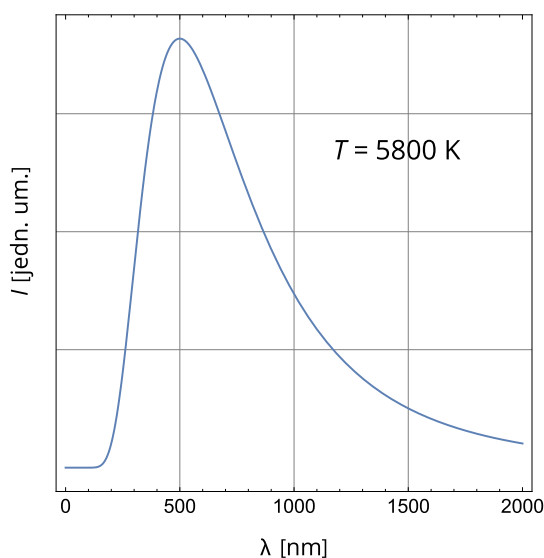
Wykres przedstawia krzywe rozkładu widmowego promieniowania termicznego dla różnych temperatur. Która temperatura jest wyższa T_1 , czy T_2 ? Odpowiedź uzasadnij.



Ćwiczenie 6



Zgodnie z prawem Wiena maksimum w widmie promieniowania cieplnego jest odwrotnie proporcjonalne do temperatury $\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$, gdzie b jest pewną stałą. Wykres po lewej stronie przedstawia widmo promieniowania dla ciała o temperaturze $T = 5800$ K. Wykres po prawej stronie przedstawia widmo promieniowania zaobserwowanego przez astronomów i docierającego do nas z kosmosu z każdego kierunku (promieniowanie to nazywane jest mikrofalowym promieniowaniem tła). Oszacuj temperaturę tego promieniowania z dokładnością do całkowitych kelwinów.



Ćwiczenie 7



Termografia to metoda wizualizacji promieniowania cieplnego emitowanego przez ciała fizyczne w przedziale temperatur spotykanych w warunkach codziennych. Może ona posłużyć między innymi do lokalizowania osób chorych (z gorączką) w tłumie ludzi. Metoda ta wymaga bardzo precyzyjnych detektorów promieniowania, które porafią wychwycić niewielkie różnice widm badanych obiektów. Oblicz, ile wyniesie względne przesunięcie maksimum w widmie promieniowania cieplnego człowieka zdrowego i chorego (o temperaturze wyższej o jeden stopień Celsjusza). Wykorzystaj fakt, że położenie tego maksimum jest odwrotnie proporcjonalne do temperatury $\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$, gdzie b jest pewną stałą. Przyjmij, że położenie maksimum w widmie człowieka zdrowego wynosi $10 \mu\text{m}$. Wynik podaj w procentach z dokładnością do dwóch cyfr znaczących.

Ćwiczenie 8

Dla nauczyciela

Konspekt (scenariusz) lekcji

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Widmo promieniowania cieplnego
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony

<p>Podstawa programowa:</p>	<p>Cele kształcenia – wymagania ogólne</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>Zakres podstawowy Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 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; 15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.</p> <p>X. Fizyka atomowa. Uczeń: 1) analizuje na wybranych przykładach promieniowanie termiczne ciał i jego zależność od temperatury.</p> <p>Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 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; 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu.</p> <p>XI. Fizyka atomowa . Uczeń: 1) analizuje na wybranych przykładach promieniowanie termiczne ciał i jego zależność od temperatury.</p>
<p>Kształtowane kompetencje kluczowe:</p>	<p>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. wytłumaczy, czym jest promieniowanie termiczne, 2. wyjaśni przyczynę emisji promieniowania termicznego, 3. opíše krzywą rozkładu widmowego promieniowania termicznego, 4. przeanalizuje zależność kształtu widma promieniowania termicznego od temperatury.
Strategie nauczania:	strategia eksperymentalno-obszewacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)
Metody nauczania:	<ul style="list-style-type: none"> - wykład informacyjny, - pokaz multimedialny, - analiza pomysłów.
Formy zajęć:	<ul style="list-style-type: none"> - praca w parach, - praca indywidualna.
Środki dydaktyczne:	komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia
Materiały pomocnicze:	e-materiał: „Co to jest promieniowanie termiczne ciał”, „Zależność promieniowania termicznego od temperatury”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<ul style="list-style-type: none"> - Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?” - Odwołanie do codziennej wiedzy uczniów o świeceniu rozgrzanych ciał. 	
Faza realizacyjna:	
<p>Nauczyciel wyjaśnia, czym jest promieniowanie termiczne, powiązując jego emisję z ruchem termicznym cząsteczek ciała. Następnie omawia rozszczepienie światła słonecznego w pryzmacie (Rys. 1.) i definiuje pojęcie widma promieniowania. Nauczyciel demonstruje Rys. 3. i wyjaśnia sposób wyznaczenia krzywej rozkładu widmowego. Uczniowie w dyskusji analizują krzywą rozkładu widmowego promieniowania słonecznego (Rys. 4.) i dochodzą do wniosku, że promieniowanie termiczne nie jest ograniczone do wąskiego zakresu światła widzialnego, a zawiera również promieniowanie podczerwone i nadfioletowe. Uczniowie analizują wykresy widma promieniowania dla różnych temperatur i zgłaszają pomysły, na czym polegają różnice między nimi. Z pomocą nauczyciela dochodzą do konkluzji, że położenie maksimum wykresu oraz energia promieniowania emitowana przez jednostkową powierzchnię zależne są od temperatury. Uczniowie posługując się grafiką interakcyjną, znajdują odpowiedź, jak z analizy widm promieniowania wyznacza się temperaturę gwiazd.</p>	

Faza podsumowująca:

Uczniowie w zespołach rozwiązują zadanie 8 z zestawu ćwiczeń. Uczniowie odnoszą się do postawionych sobie celów lekcji, ustalają, które osiągnęli, a które wymagają jeszcze pracy, jakiej i kiedy. W razie potrzeby nauczyciel dostarcza im informację zwrotną kształtującą.

Praca domowa:

Zadania z zestawu ćwiczeń: 1 - 4 obowiązkowo, do wyboru jedno z pozostałych zadań w celu utrwalenia wiadomości zdobytych na lekcji.

**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.