ROZDZIAŁ 10

# Fale i optyka

Fizyka. Zbiór zadań maturalnych temat po temacie. Poziom rozszerzony 2027

## W tym rozdziale

| | |
|---|---|
| **Zakres** | X. Fale i optyka (podstawa programowa, zakres rozszerzony) |
| **R. Repetytorium** | Fale – opis i natężenie; Superpozycja, interferencja, dyfrakcja; Efekt Dopplera; Odbicie, załamanie, kąt graniczny, światłowód; Widmo, laser, polaryzacja; Soczewki; ramki „Na maturze" i „Typowe błędy" |
| **A. Zadania wprowadzające** | zadania 1–6 · 22 punkty |
| **B. Zadania maturalne** | zadania 7–15 · 44 punkty |
| **C. Zadania trudniejsze** | zadania 16–20 · 31 punktów |
| **Razem** | 20 zadań (54 polecenia, w tym 25 rachunkowych), 97 punktów |
| **Rozwiązania** | osobny plik: klucz do zadań zamkniętych, rozwiązania etapowe zadań rachunkowych, przykładowe odpowiedzi i zasady oceniania w układzie CKE (z wymaganiami podstawy programowej przy każdym poleceniu) |

## Jak pracować z rozdziałem

| | |
|---|---|
| **A** | Zadania sprawdzające podstawowe pojęcia, prawa i zależności działu. |
| **B** | Zadania w formule egzaminu maturalnego (Formuła 2023): wiązki poleceń do wspólnego opisu sytuacji, rysunku, wykresu albo doświadczenia. |
| **C** | Zadania wymagające łączenia wiadomości z kilku działów, wieloetapowych obliczeń, wyprowadzeń i analizy danych pomiarowych. |
| **Obliczenia** | Zapisz zastosowane prawa i zależności, obliczenia pośrednie i wynik z jednostką. Stałe fizyczne bierz z broszury CKE albo z treści zadania („Przyjmij, że…"). |
| **Pomoce** | Jak na maturze: *Wybrane wzory i stałe fizykochemiczne na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki*, linijka, kalkulator naukowy. Symbole przy numerze zadania: kalkulator – potrzebny kalkulator, linijka – potrzebna linijka. |

Opracowanie własne „Pierwsza Ławka". Zakres zgodny z podstawą programową kształcenia ogólnego – fizyka, zakres rozszerzony (Dz.U. 2024 poz. 1019), bez wymagań, z których nie przeprowadza się egzaminu maturalnego, oraz z Informatorem o egzaminie maturalnym z fizyki od roku szkolnego 2024/2025. Zbiór nie jest materiałem Centralnej Komisji Egzaminacyjnej. Typy zadań i zasady oceniania wzorowane na egzaminie maturalnym CKE.

# R Repetytorium

## Fale – opis i natężenie

**Fala** przenosi energię bez przenoszenia materii. W **fali poprzecznej** cząstki ośrodka (albo wektor pola) drgają prostopadle do kierunku rozchodzenia się fali, w **podłużnej** – wzdłuż niego (dźwięk w gazach). Światło jest falą elektromagnetyczną poprzeczną.

$v = \lambda f = \frac{\lambda}{T}$. Przy przejściu do innego ośrodka **częstotliwość się nie zmienia** (narzuca ją źródło), zmieniają się prędkość i długość fali. **Powierzchnia falowa** łączy punkty o tej samej fazie (np. grzbiety fali na wodzie); promień fali jest do niej prostopadły. Odległość sąsiednich grzbietów to $\lambda$.

**Natężenie fali** – energia przenoszona w jednostce czasu przez jednostkową powierzchnię prostopadłą do kierunku rozchodzenia: $I = \frac{P}{S}$, jednostka W/m². $I \sim A^2$. Dla fali kulistej z punktowego źródła: $I = \frac{P}{4\pi r^2}$, więc $I \sim \frac{1}{r^2}$, a $A \sim \frac{1}{r}$.

## Superpozycja, interferencja, dyfrakcja

**Zasada superpozycji**: wychylenie w punkcie, do którego docierają dwie fale, jest sumą wychyleń od każdej z nich. Dla dwóch źródeł drgających w zgodnej fazie o różnicy dróg $\Delta r = r_2 - r_1$:

| warunek | wynik |
|---|---|
| $\Delta r = n\lambda$ (n = 0, 1, 2, …) | wzmocnienie |
| $\Delta r = (2n + 1)\frac{\lambda}{2}$ | wygaszenie (osłabienie) |

Obraz interferencji zagęszcza się, gdy rośnie odległość źródeł lub maleje długość fali; liczba miejsc wzmocnienia zależy od stosunku $d/\lambda$.

**Dyfrakcja** (ugięcie) to odchylenie fali od prostoliniowego biegu na szczelinach i przeszkodach. Dla szczeliny o szerokości $a$ kąt ugięcia jest rzędu $\frac{\lambda}{a}$.

**Siatka dyfrakcyjna** o stałej $d$ (odległość sąsiednich szczelin; $d = \frac{1}{N}$, $N$ – liczba rys na jednostkę długości): maksima w kierunkach $d \sin \alpha_n = n\lambda$; najwyższy rząd – największe $n$ spełniające $n\lambda \le d$. Światło białe daje widma barwne, w rzędzie zerowym – biel.

## Efekt Dopplera

Gdy źródło lub obserwator poruszają się względem ośrodka (dla dźwięku), odbierana częstotliwość różni się od częstotliwości źródła: przy **zbliżaniu się – jest większa**, przy **oddalaniu – mniejsza**. Wzory (v – prędkość fali, u – prędkość źródła lub obserwatora):

| sytuacja | wzór ścisły | przybliżony (u ≪ v) |
|---|---|---|
| źródło zbliża się | $f = f_0 \frac{v}{v - u}$ | $f \approx f_0(1 + \frac{u}{v})$ |
| źródło oddala się | $f = f_0 \frac{v}{v + u}$ | $f \approx f_0(1 - \frac{u}{v})$ |
| obserwator zbliża się | $f = f_0 \frac{v + u}{v}$ | $f = f_0(1 + \frac{u}{v})$ |
| obserwator oddala się | $f = f_0 \frac{v - u}{v}$ | $f = f_0(1 - \frac{u}{v})$ |

Dla fal elektromagnetycznych przy $u \ll c$: $\frac{\Delta f}{f} \approx \frac{u}{c}$ (u – prędkość względna). Przykłady: syrena przejeżdżającego pojazdu, ultrasonografia dopplerowska, radary meteorologiczne.

## Odbicie, załamanie, kąt graniczny, światłowód

Kąty mierzymy **od normalnej** do powierzchni granicznej. Prawo odbicia: kąt odbicia = kąt padania, oba promienie i normalna leżą w jednej płaszczyźnie. Prawo załamania: $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$, czyli $n_1 \sin\alpha = n_2 \sin\beta$. Bezwzględny współczynnik załamania $n = \frac{c}{v}$.

Przy przejściu do ośrodka o **mniejszym** $n$ promień odchyla się od normalnej. Kąt padania, dla którego kąt załamania wynosi 90°, to **kąt graniczny**: $\sin\alpha_{gr} = \frac{n_2}{n_1}$ ($n_1 > n_2$). Dla $\alpha > \alpha_{gr}$ zachodzi **całkowite wewnętrzne odbicie** – fala nie przechodzi do drugiego ośrodka.

**Światłowód**: rdzeń o większym współczynniku załamania otoczony płaszczem o mniejszym; światło padające na granicę rdzeń–płaszcz pod kątem większym od granicznego biegnie w rdzeniu, odbijając się wielokrotnie bez strat na przejście do płaszcza (telekomunikacja, endoskopia).

## Widmo, laser, polaryzacja

**Światło białe** jest mieszaniną fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach (ok. 380–750 nm w próżni; od fioletu do czerwieni długość fali rośnie). Pryzmat i siatka dyfrakcyjna rozdzielają je na widmo. **Laser** daje wąską, prawie równoległą (skolimowaną) wiązkę światła monochromatycznego o zgodnej fazie.

W świetle **niespolaryzowanym** (Słońce, żarówka) wektor pola elektrycznego drga w przypadkowych kierunkach prostopadłych do kierunku biegu. Polaryzator przepuszcza składową równoległą do swojej osi: $E = E_0\cos\theta$, więc $I = I_0\cos^2\theta$ ($\theta$ – kąt między kierunkiem drgań a osią). Ze światła niespolaryzowanego idealny polaryzator przepuszcza połowę natężenia. Polaryzacja dowodzi poprzecznego charakteru fali elektromagnetycznej. Światło rozproszone na drobnych cząstkach jest częściowo spolaryzowane; fale krótsze rozpraszają się silniej.

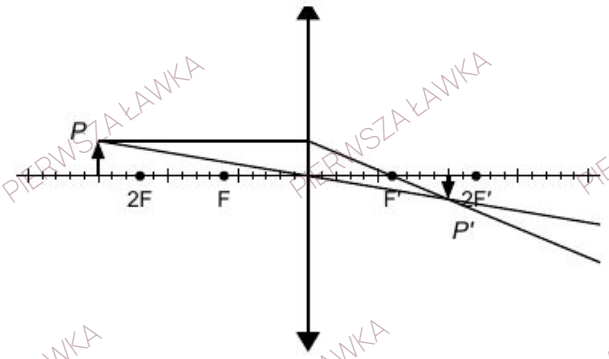
## Soczewki

Równanie soczewki: $\frac{1}{x} + \frac{1}{y} = \frac{1}{f}$ (x – odległość przedmiotu, y – obrazu; $y < 0$ – obraz pozorny; $f < 0$ – soczewka rozpraszająca). Powiększenie $p = \frac{|y|}{x}$. Zdolność skupiająca $Z = \frac{1}{f}$, jednostka dioptria: 1 D = 1 $m^{-1}$.

$\frac{1}{f} = (\frac{n_s}{n_o} - 1)(\pm \frac{1}{R_1} \pm \frac{1}{R_2})$ (+ dla powierzchni wypukłej, − dla wklęsłej; $n_o$ – współczynnik ośrodka). Dla soczewki dwuwypukłej o jednakowych promieniach: $R_1 = R_2 = R$.

Konstrukcja: promień równoległy do osi → przez ognisko F′ (w rozpraszającej – tak, jakby wychodził z F); promień przez środek – bez zmiany kierunku.

Przykład dla $f = 6$ cm i przedmiotu w odległości 15 cm:




**Na maturze**

- Polecenia „narysuj dalszy bieg promienia", „skonstruuj obraz" – oceniana jest konstrukcja: promienie konstrukcyjne, poprawny kierunek załamania, kąty zaznaczone łukiem **od normalnej**; obraz pozorny – linią przerywaną.
- „Oblicz… z dokładnością do dwóch cyfr znaczących", „w nanometrach", „w dioptriach" – wynik w innej postaci lub bez jednostki traci punkt.
- Zadania z efektem Dopplera: klucz wymaga poprawnego wzoru do sytuacji (źródło/obserwator, zbliżanie/oddalanie); przy $u \ll v$ akceptuje się wzory przybliżone.
- „Wyznacz … w zależności tylko od …" – wynik może zawierać tylko wymienione wielkości (np. $n_1$, $n_2$).
- W zadaniach z siatką: najwyższy rząd wynika z warunku $\sin\alpha \leq 1$; sprawdź, czy ekran jest dostatecznie duży.

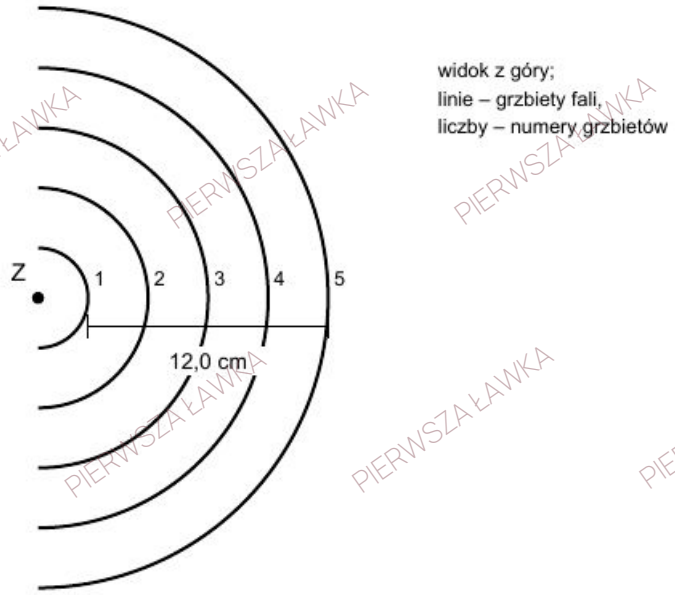
**Typowe błędy**

| Tak traci się punkty | Tak jest dobrze | Dlaczego |
|---|---|---|
| Natężenie fali dźwiękowej podane w amperach albo obliczone jako $P/(\pi r^2)$. | $I = \frac{P}{4\pi r^2}$, jednostka W/m². | Energia z punktowego źródła rozkłada się na całą powierzchnię sfery; natężenie fali to moc na jednostkę powierzchni, nie natężenie prądu. |
| $\sin\alpha_{gr} = \frac{v_1}{v_2}$ zapisane odwrotnie (wychodzi sinus większy od 1 albo zły kąt). | $\sin\alpha_{gr} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$, gdzie 1 – ośrodek, z którego fala pada (wolniejszy). | Kąt graniczny istnieje tylko przy przejściu do ośrodka, w którym fala biegnie szybciej; sprawdź, czy sinus wyszedł mniejszy od 1. |
| Promień odbity i załamany narysowany bez zachowania relacji kątów: kąt odbicia różny od kąta padania, promień załamany nieodchylony od normalnej albo odchylony w złą stronę. | Kąt odbicia = kąt padania; przy przejściu do ośrodka o mniejszym $n$ promień załamany odchyla się od normalnej, do ośrodka o większym $n$ – ku normalnej. Kąty zaznaczamy łukiem od normalnej. | Polecenie z dorysowaniem promieni i łuków kątów należało do najtrudniejszych w arkuszu 2023 (sprawozdanie CKE 2023, zad. 9.1). |
| Przy wyznaczaniu ogniskowej z konstrukcji – ognisko zaznaczone w miejscu soczewki, ogniskowa liczona od przedmiotu. | Najpierw położenie soczewki (promień przez środek łączy przedmiot z obrazem i przecina oś w środku soczewki), potem ognisko; $f$ mierzymy od soczewki. | Ogniskowa to odległość ogniska od środka soczewki. |

## A Zadania wprowadzające

### Zadanie 1. (0–4)

W płaskim zbiorniku z wodą o stałej głębokości ostrze drgające z częstotliwością $f = 8{,}0$ Hz wytwarza na powierzchni wody falę. Na rysunku przedstawiono (w widoku z góry) chwilowe położenia pięciu kolejnych grzbietów fali. Ostrze znajduje się w punkcie Z.




widok z góry;
linie – grzbiety fali,
liczby – numery grzbietów

### Zadanie 1.1. (0–2)

Na podstawie rysunku oblicz wartość prędkości rozchodzenia się fali na powierzchni wody. Zapisz obliczenia.

Obliczenia

### Zadanie 1.2. (0–1)

Ostrze przeniesiono nad płytszą część zbiornika, w której fala rozchodzi się z prędkością 0,16 m/s. Częstotliwość drgań ostrza nie zmieniła się. Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń. Wybierz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

| | | | |
|---|---|---|---|
| **1.** | Częstotliwość fali w płytszej części zbiornika jest taka sama jak częstotliwość drgań ostrza. | **P** | **F** |
| **2.** | Odległość między sąsiednimi grzbietami fali w płytszej części zbiornika jest większa niż w głębszej. | **P** | **F** |

### Zadanie 1.3. (0–1)

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Falą podłużną jest

A. fala radiowa wysyłana przez antenę nadajnika.
B. fala świetlna wychodząca ze wskaźnika laserowego.
C. fala na napiętej strunie gitary.
D. fala dźwiękowa rozchodząca się w powietrzu.

### Zadanie 2. (0–3)

Głośnik zawieszony wysoko nad trawnikiem emituje dźwięk o mocy akustycznej $P = 0{,}12$ W. Głośnik traktujemy jak punktowe źródło fali kulistej, które wysyła energię jednakowo we wszystkich kierunkach. Pomijamy pochłanianie dźwięku w powietrzu i odbicia od podłoża.

### Zadanie 2.1. (0–2)

Oblicz natężenie fali dźwiękowej w odległości $r = 5{,}0$ m od głośnika. Zapisz obliczenia.

Obliczenia

### Zadanie 2.2. (0–1)

Uzupełnij zdanie tak, aby było prawdziwe. Wybierz właściwe określenia spośród podanych w nawiasach.

Gdy odległość od głośnika wzrośnie dwukrotnie, natężenie fali zmaleje (dwukrotnie / czterokrotnie / ośmiokrotnie), a amplituda drgań cząsteczek powietrza zmaleje (dwukrotnie / czterokrotnie / ośmiokrotnie).

### Zadanie 3. (0–3)

Światło żarówki z włóknem wolframowym i światło wskaźnika laserowego kierujemy kolejno na pryzmat szklany i obserwujemy na ekranie ślady wiązek wychodzących z pryzmatu.

### Zadanie 3.1. (0–2)

Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń. Wybierz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

| | | | |
|---|---|---|---|
| **1.** | Światło białe żarówki jest mieszaniną fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach. | **P** | **F** |
| **2.** | Fala światła fioletowego ma większą częstotliwość niż fala światła czerwonego. | **P** | **F** |
| **3.** | W próżni światło czerwone rozchodzi się z większą prędkością niż światło fioletowe. | **P** | **F** |

## Zadanie 4.3. (0–1)

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Lampę przesunięto tak, że wiązka pada na powierzchnię wody pod kątem 55°. Po dotarciu do powierzchni wody wiązka

A. wychodzi do powietrza pod kątem mniejszym niż 55°.

B. w całości odbija się z powrotem do wody.

C. wychodzi do powietrza pod kątem 90° do normalnej.

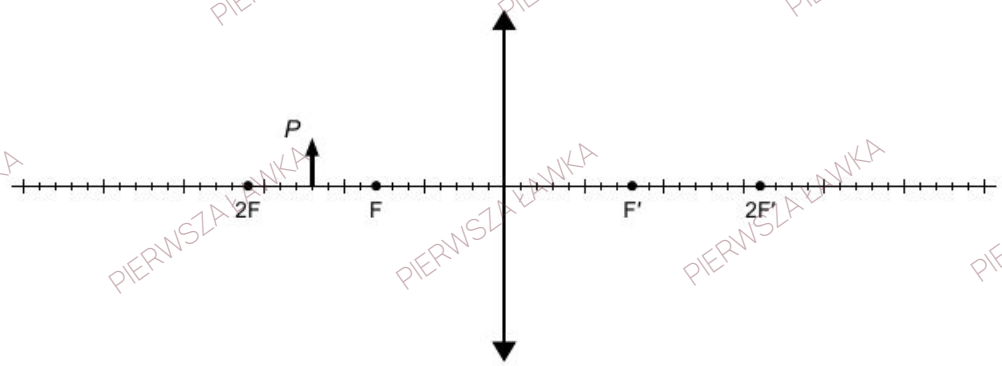
D. częściowo wychodzi do powietrza pod kątem 75°.

## Zadanie 5. (0–5)

Przed cienką soczewką skupiającą o ogniskowej $f = 8$ cm ustawiono przedmiot P o wysokości 3 cm (rysunek).

## Zadanie 5.1. (0–2)

Na rysunku skonstruuj obraz przedmiotu P wytworzony przez soczewkę. Narysuj bieg co najmniej dwóch promieni konstrukcyjnych.




Podziałka na osi co 1 cm; |OF| = |OF'| = 8 cm.

## Zadanie 5.2. (0–1)

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Obraz przedmiotu P wytworzony przez soczewkę jest

A. rzeczywisty, odwrócony i powiększony.

B. pozorny, odwrócony i powiększony.

C. rzeczywisty, odwrócony i pomniejszony.

D. pozorny, prosty i powiększony.

## Zadanie 5.3. (0–2)

Oblicz zdolność skupiającą soczewki oraz odległość obrazu od soczewki. Zapisz obliczenia.

Obliczenia

### Zadanie 12.1. (0–2)

Oblicz średnią średnicę jasnego koła i na jej podstawie współczynnik załamania cieczy. Wynik podaj z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku. Zapisz obliczenia.

Obliczenia

### Zadanie 12.2. (0–1)

Wyjaśnij, dlaczego światło diody wychodzi z cieczy do powietrza tylko w obrębie jasnego koła.

.....

.....

### Zadanie 12.3. (0–1)

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Gdyby doświadczenie powtórzono dla cieczy o większym współczynniku załamania (przy tej samej grubości warstwy $h$), średnica jasnego koła byłaby

A. mniejsza niż w pierwszym doświadczeniu.

B. równa zeru, bo całe światło ulegałoby odbiciu.

C. większa niż w pierwszym doświadczeniu.

D. taka sama jak w pierwszym doświadczeniu.

### Zadanie 13. (0–5)

Uczniowie wyznaczali ogniskową soczewki skupiającej metodą Bessela. Na ławie optycznej ustawili świecący przedmiot i ekran w stałej odległości $D$ od siebie, a między nimi przesuwali soczewkę. Dla każdej wartości $D$ znajdowali dwa położenia soczewki, w których na ekranie powstawał ostry obraz, i mierzyli odległość $e$ między tymi położeniami. Ogniskową obliczali ze wzoru $f = \frac{D^2 - e^2}{4D}$. Wyniki zapisano w tabeli.

### Zadanie 13.1. (0–2)

Uzupełnij tabelę – oblicz ogniskową soczewki dla każdego pomiaru (z dokładnością do 0,1 cm), a pod tabelą zapisz średnią wartość ogniskowej.

| $D$, cm | $e$, cm | $f$, cm |
|---|---|---|
| 120,0 | 65,5 | |
| 100,0 | 40,2 | |
| 90,0 | 23,0 | |

.....

CO JESZCZE JEST W ŚRODKU

# Matura 2027 z fizyki (poziom rozszerzony) – zbiór zadań, rozdział 10: Fale i optyka – repetytorium, zadania i zasady oceniania

Podgląd pokazał 8 z 25 stron. Pełna wersja: 25 stron A4, PDF do druku.

- Zadania (25 stron): repetytorium działu (Fale – opis i natężenie, Superpozycja, interferencja, dyfrakcja, Efekt Dopplera, Odbicie, załamanie, kąt graniczny, światłowód, Widmo, lase
- Rozwiązania (23 strony): klucz do zadań zamkniętych, rozwiązania zadań rachunkowych krok po kroku, przykładowe odpowiedzi do zadań otwartych i zasady oceniania w układzie CKE – za

Kup pełną wersję – plik od razu na e-mail
pierwszalawka.pl/material/fizyka-matura-zbior-zadan-rozdzial-10-fale-i-optyka