ROZDZIAŁ 9

Magnetyzm i indukcja elektromagnetyczna

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

W tym rozdziale

Zakres	IX. Magnetyzm (podstawa programowa, zakres rozszerzony)
R. Repetytorium	Pole magnetyczne i jego linie; Siła elektrodynamiczna i siła Lorentza; Pole przewodnika i zwojnicy, oddziaływanie przewodników; Ferromagnetyki. Ramka z prądem i silnik; Strumień i indukcja elektromagnetyczna; Prąd przemienny, transformator, fale elektromagnetyczne; ramki „Na maturze" i „Typowe błędy"
A. Zadania wprowadzające	zadania 1–5 · 13 punktów
B. Zadania maturalne	zadania 6–15 · 43 punkty
C. Zadania trudniejsze	zadania 16–20 · 31 punktów
Razem	20 zadań (51 poleceń, w tym 19 rachunkowych), 87 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: – potrzebny kalkulator, – 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

Pole magnetyczne i jego linie

Pole magnetyczne wytwarzają magnesy trwałe i **poruszające się ładunki** (prądy). Linie pola są **zamknięte**: na zewnątrz magnesu biegną od bieguna N do S, wewnątrz magnesu – od S do N. Wektor indukcji $\vec{B}$ jest w każdym punkcie **styczny do linii pola** i ma zwrot zgodny z jej zwrotem; gęstość linii obrazuje wartość B. Jednostka: 1 T (tesla) = 1 N/(A·m) = 1 kg/(A·s²).

- **Przewodnik prostoliniowy** – linie to okręgi współśrodkowe w płaszczyźnie prostopadłej do przewodnika. Reguła prawej dłoni: kciuk zgodnie z prądem, zgięte palce pokazują zwrot linii.
- **Zwojnica** – wewnątrz pole prawie jednorodne (linie równoległe do osi), na zewnątrz podobne do pola magnesu sztabkowego. Palce prawej dłoni zgodnie z prądem w zwojach – kciuk wskazuje biegun N.
- Oznaczenia na rysunkach: $\odot$ – prąd lub pole skierowane przed płaszczyznę rysunku (do patrzącego), $\otimes$ – za płaszczyznę.

Siła elektrodynamiczna i siła Lorentza

Siła Lorentza na ładunek q poruszający się z prędkością $\vec{v}$: $F = |q|\,vB\sin\alpha$, gdzie α – kąt między $\vec{v}$ i $\vec{B}$. Siła jest prostopadła do $\vec{v}$ i do $\vec{B}$; zwrot – reguła lewej dłoni (linie pola wchodzą w dłoń, palce zgodnie z ruchem ładunku dodatniego). Dla ładunku ujemnego zwrot siły jest przeciwny.

Siła elektrodynamiczna na przewodnik o długości l z prądem I: $F = BIl\sin\alpha$ (α – kąt między przewodnikiem a liniami pola).

Ruch w jednorodnym polu (prędkość prostopadła do $\vec{B}$): siła Lorentza jest siłą dośrodkową, $|q|vB = \frac{mv^2}{r}$, stąd $r = \frac{mv}{|q|B}$ i okres $T = \frac{2\pi m}{|q|B}$. Siła Lorentza jest stale prostopadła do prędkości, więc **nie wykonuje pracy** – wartość prędkości i energia kinetyczna cząstki się nie zmieniają. Gdy $\vec{v}$ jest równoległa do $\vec{B}$, siła jest równa zeru; przy ukośnym wlocie cząstka porusza się po linii śrubowej.

Pole przewodnika i zwojnicy, oddziaływanie przewodników

Przenikalność magnetyczna próżni (karta wzorów): $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ N/A², więc $\frac{\mu_0}{2\pi} = 2 \cdot 10^{-7}$ T·m/A.

Układ	Wartość indukcji	Uwagi
długi przewodnik prostoliniowy	$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$	$B \sim \frac{1}{r}$ – dwa razy dalej, dwa razy słabsze pole
długa zwojnica (wewnątrz)	$B = \frac{\mu_0 NI}{l} = \mu_0 nI$	zależy od liczby zwojów na jednostkę długości $n = N/l$, nie od promienia zwojów
dwa długie równoległe przewodniki	$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi d}$	prądy zgodne – przyciąganie, przeciwne – odpychanie; siły równe co do wartości (III zasada dynamiki)

Pola kilku przewodników dodaje się **wektorowo** (zasada superpozycji).

Ferromagnetyki. Ramka z prądem i silnik

Ferromagnetyki (żelazo, nikiel, kobalt i ich stopy) składają się z domen magnetycznych. W zewnętrznym polu domeny porządkują się i materiał silnie się magnesuje – rdzeń ferromagnetyczny wielokrotnie zwiększa pole zwojnicy. **Miękkie** ferromagnetyki po usunięciu pola prawie tracą

namagnesowanie (rdzenie elektromagnesów, transformatorów), **twarde** – zachowują je (magnesy trwałe, dawniej zapis magnetyczny). Powyżej temperatury Curie ferromagnetyk traci właściwości ferromagnetyczne.

Ramka z prądem w polu: na boki prostopadłe do linii pola działają siły elektrodynamiczne o przeciwnych zwrotach – para sił obraca ramkę. Moment pary sił jest największy, gdy płaszczyzna ramki jest równoległa do linii pola, a równy zeru, gdy jest do nich prostopadła. W silniku prądu stałego **komutator** co pół obrotu zmienia kierunek prądu w ramce, dzięki czemu moment sił obraca ją stale w tę samą stronę.

Strumień i indukcja elektromagnetyczna

Strumień przez płaską powierzchnię S w polu jednorodnym: $\Phi = BS\cos\alpha$, gdzie α – kąt między $\vec{B}$ a **prostopadłą** do powierzchni. Jednostka: 1 Wb (weber) = 1 T·m² = 1 V·s.

Prawo Faradaya: $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ (dla N zwojów – N razy więcej). Strumień można zmienić, zmieniając B, pole powierzchni obwodu albo jego ustawienie. Przewodnik o długości l poruszający się z prędkością v prostopadle do linii pola: $\mathcal{E} = Blv$.

Reguła Lenza: prąd indukcyjny ma taki kierunek, że jego pole magnetyczne **przeciwdziała zmianie strumienia**, która go wywołała (gdy strumień rośnie – pole prądu indukcyjnego jest przeciwne do zewnętrznego, gdy maleje – zgodne). Wynika z zasady zachowania energii: aby podtrzymać prąd indukcyjny, trzeba wykonać pracę. W **prądnicy** praca siły obracającej ramkę zamienia się na energię elektryczną.

Prąd przemienny, transformator, fale elektromagnetyczne

Napięcie sinusoidalne: $u = U_0\sin(\omega t)$, $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$. Wartości skuteczne – takie wartości prądu stałego, które w oporniku wydzielają tę samą średnią moc: $U_{sk} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$, $I_{sk} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$, $P_{śr} = U_{sk}I_{sk}$.

Transformator (dwa uzwojenia na wspólnym rdzeniu z miękkiego ferromagnetyka) działa tylko przy prądzie zmiennym. W modelu idealnym: $\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$, $\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$, $U_1I_1 = U_2I_2$. Zastosowania: zasilacze, spawarki, przesył energii pod wysokim napięciem (mniejszy prąd, mniejsze straty I^2R w liniach).

Fale elektromagnetyczne: zmienne pole magnetyczne wytwarza wirowe pole elektryczne, a zmienne pole elektryczne – pole magnetyczne. Zaburzenie rozchodzi się w próżni z prędkością $c \approx 3{,}00 \cdot 10^8$ m/s jako fala poprzeczna ($\vec{E} \perp \vec{B}$, oba prostopadłe do kierunku rozchodzenia się); $\lambda = \frac{c}{f}$. Fala nie potrzebuje ośrodka.

Na maturze

Jak CKE formułuje polecenia z tego działu:

- „Narysuj linię pola … i zaznacz jej zwrot”, „narysuj wektor indukcji w punkcie P” – wektor musi być **styczny do linii** i mieć zwrot zgodny z linią; liczy się też stosunek długości wektorów, jeśli polecenie go wymaga.
- „Zaznacz siły działające na boki ramki”, „określ zwrot siły Lorentza” – przy ładunku ujemnym pamiętaj o odwróceniu zwrotu.
- „Wykaż, że …” – klucz wymaga powołania się na prawo lub założenie z treści (np. prostopadłość siły Lorentza do prędkości), a nie samego wzoru.

- „Wyznacz … w zależności tylko od …” – w wyniku mogą wystąpić wyłącznie wymienione wielkości i stałe.
- Wyniki z jednostką (T, Wb, V, N), zwykle z dokładnością do dwóch lub trzech cyfr znaczących; stałe (μ_0, e, m_e, m_p) z karty wzorów.
- W zadaniach o regule Lenza klucz wymaga wskazania **zmiany strumienia** (rośnie / maleje) i zwrotu pola prądu indukcyjnego.

Typowe błędy

Tak traci się punkty	Tak jest dobrze	Dlaczego
„$v = \frac{qBr}{m}$, więc prędkość jest stała” – dowód kończy się na wzorze albo korzysta z tezy (siła zależy od prędkości, a prędkość od siły).	Siła Lorentza jest prostopadła do prędkości, więc jej praca jest równa zeru i energia kinetyczna (a zatem wartość prędkości) się nie zmienia.	W „wykaż” trzeba wyjść od założeń zadania; wzór wynikający z tezy nie jest dowodem.
Wartość pola w danej sytuacji liczona ze wzoru $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$, choć pole nie pochodzi od długiego przewodnika prostoliniowego.	Przed użyciem wzoru sprawdź, czy opisuje on źródło pola z zadania; jeśli B jest dane albo stałe z warunków zadania – korzystaj z warunków.	Każdy wzór na B dotyczy określonego układu (przewodnik, zwojnica).
Strumień przez ramkę liczony ze wzoru $\Phi = BS\cos\alpha$ z kątem między płaszczyzną ramki a liniami pola (albo odwrotnie).	We wzorze $\Phi = BS\cos\alpha$ kąt α jest kątem między wektorem $\vec{B}$ a prostopadłą do powierzchni; kąt z płaszczyzną ramki zamień na $90°$ − kąt.	Pomylony kąt daje inny wynik (w zadaniu o ramce $1{,}4 \cdot 10^{-3}$ Wb zamiast $8{,}0 \cdot 10^{-4}$ Wb) i obniża ocenę mimo poprawnej metody.
Wektor indukcji w punkcie narysowany przeciwnie do zwrotu linii pola albo zwrot linii niezgodny z kierunkiem prądu.	Zwrot linii wyznacz regułą prawej dłoni, a wektor $\vec{B}$ rysuj stycznie do linii, zgodnie z jej zwrotem.	Zwrot linii pola i zwrot wektora indukcji to ta sama informacja.
Pole w punkcie dwa razy dalej od przewodnika – „cztery razy słabsze”.	$B \sim \frac{1}{r}$: dwa razy dalej – dwa razy słabsze pole.	Odwrotna proporcjonalność do kwadratu odległości dotyczy ładunku punktowego, nie przewodnika prostoliniowego.

A Zadania wprowadzające

Zadanie 1. (0–3)

Na rysunku przedstawiono przekrój długiego prostoliniowego przewodnika, w którym płynie prąd stały, oraz punkt P leżący w płaszczyźnie rysunku.

Zadanie 1.1. (0–1)

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

1.	Linie pola magnetycznego magnesu sztabkowego na zewnątrz magnesu biegną od bieguna N do bieguna S.	**P**	**F**
2.	Linie pola magnetycznego zaczynają się na biegunie północnym i kończą na biegunie południowym magnesu.	**P**	**F**

Zadanie 1.2. (0–2)

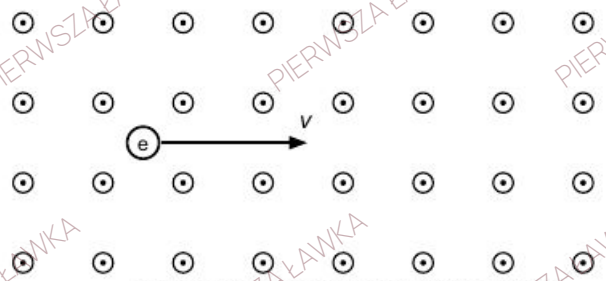
Na rysunku narysuj linię pola magnetycznego przewodnika przechodzącą przez punkt P i zaznacz jej zwrot. Narysuj także wektor indukcji magnetycznej w punkcie P.



przekrój przewodnika – prąd płynie za płaszczyznę rysunku

Zadanie 2. (0–3)

Elektron porusza się w próżni w jednorodnym polu magnetycznym skierowanym przed płaszczyznę rysunku. W chwili przedstawionej na rysunku prędkość elektronu jest skierowana w prawo i leży w płaszczyźnie rysunku.



pole skierowane przed płaszczyznę rysunku

Zadanie 2.1. (0–1)

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Siła Lorentza działająca na elektron w chwili przedstawionej na rysunku jest skierowana

A. w lewo, przeciwnie do prędkości.

B. za płaszczyznę rysunku.

C. w górę rysunku.

D. w dół rysunku.

Zadanie 2.2. (0–2)

W innym doświadczeniu elektron wpadł z prędkością o wartości $2{,}4 \cdot 10^6$ m/s w obszar jednorodnego pola magnetycznego o indukcji 0,15 T. Wektor prędkości tworzył z liniami pola kąt 30°. Oblicz wartość siły Lorentza działającej na elektron. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Obliczenia

Zadanie 3. (0–2)

Długą zwojnicę bez rdzenia, nawiniętą jedną warstwą drutu, zasilano ze źródła prądu stałego o regulowanym natężeniu. Wewnątrz zwojnicy, z dala od jej końców, pole magnetyczne jest praktycznie jednorodne.

Zadanie 3.1. (0–1)

Uzupełnij zdania. Wybierz właściwe określenia spośród podanych w nawiasach.

Jeżeli przy tym samym natężeniu prądu i tej samej liczbie zwojów zwojnicę rozciągniemy tak, że jej długość wzrośnie dwukrotnie, to wartość indukcji pola wewnątrz zwojnicy (wzrośnie dwukrotnie / zmaleje dwukrotnie / nie zmieni się).

Jeżeli przy tym samym natężeniu prądu dwukrotnie zwiększymy zarówno liczbę zwojów, jak i długość zwojnicy, to wartość indukcji pola wewnątrz zwojnicy (wzrośnie dwukrotnie / zmaleje dwukrotnie / nie zmieni się).

Zadanie 3.2. (0–1)

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Do wnętrza zwojnicy wsunięto rdzeń z miękkiej stali. Przy tym samym natężeniu prądu wartość indukcji pola wewnątrz zwojnicy

A. nie zmieni się, bo zależy tylko od natężenia prądu i gęstości zwojów.

B. zmaleje, bo domeny magnetyczne rdzenia ustawią się przeciwnie do pola zwojnicy.

C. wzrośnie wielokrotnie, bo rdzeń się namagnesuje zgodnie z polem zwojnicy.

D. wzrośnie tylko nieznacznie, bo miękka stal prawie się nie magnesuje.

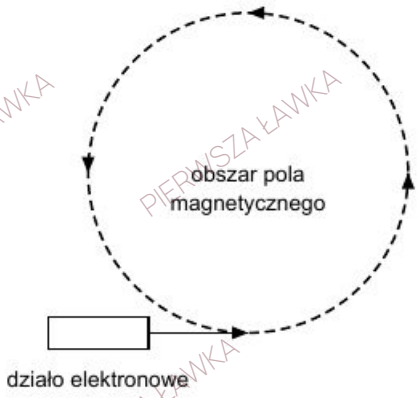
Zadanie 6.2. (0–2)

Oblicz wartość siły, z jaką jedna szyna działa na odcinek drugiej szyny o długości 2,5 m. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Obliczenia

Zadanie 7. (0–5)

W bańce szklanej z rozrzedzonym gazem działo elektronowe wytwarza wiązkę elektronów przyspieszonych z (praktycznie) zerowej prędkości napięciem $U = 150$ V. Bańka znajduje się w jednorodnym polu magnetycznym prostopadłym do płaszczyzny rysunku. Ślad świecącego gazu pokazuje, że elektrony poruszają się po okręgu o promieniu $r = 4{,}6$ cm w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara (rysunek schematyczny).



Zadanie 7.1. (0–1)

Dokończ zdanie. Wybierz odpowiedź A albo B oraz jej uzasadnienie 1. albo 2.

Wektor indukcji pola magnetycznego jest skierowany

A	przed płaszczyznę rysunku,	ponieważ	**1.**	wektor indukcji musi mieć zwrot zgodny ze zwrotem prędkości elektronu.
B	za płaszczyznę rysunku,		**2.**	siła Lorentza działająca na elektron musi być skierowana do środka okręgu, a ładunek elektronu jest ujemny.

Zadanie 13.3. (0–2)

Do zacisków prądnicy dołączono żarówkę. Opisz przemiany energii zachodzące podczas działania prądnicy z żarówką i wyjaśnij, dlaczego po dołączeniu żarówki do obracania ramki z tą samą prędkością potrzebna jest większa siła niż bez żarówki.

.....

.....

.....

.....

Zadanie 14. (0–2)

W antenie nadajnika elektrony wykonują szybkie drgania, więc w jej otoczeniu powstaje zmienne pole magnetyczne, a wraz z nim zmienne pole elektryczne. Te wzajemnie się podtrzymujące zaburzenia odrywają się od anteny i rozchodzą jako fala elektromagnetyczna. Istnienie takich fal wynikało z równań pola elektromagnetycznego, zanim wykryto je doświadczalnie; prędkość obliczona z tych równań okazała się równa zmierzonej prędkości światła. Domowe routery bezprzewodowe nadają m.in. w paśmie o częstotliwości ok. 2,45 GHz.

Na podstawie: opracowanie własne

Zadanie 14.1. (0–1)

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

1.	Zmienne pole magnetyczne wytwarza wirowe pole elektryczne także w obszarze, w którym nie ma żadnego zamkniętego przewodnika.	**P**	**F**
2.	Fala o częstotliwości 4,90 GHz ma w próżni dwa razy większą długość niż fala o częstotliwości 2,45 GHz.	**P**	**F**

Zadanie 14.2. (0–1)

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Długość fali elektromagnetycznej o częstotliwości 2,45 GHz w powietrzu jest w przybliżeniu równa

A. 1,2 cm.

B. 8,2 cm.

C. 12 cm.

D. 73 cm.

Zadanie 15. (0–4)

Elektromagnetyczny zamek drzwi (zwora elektromagnetyczna) składa się z elektromagnesu przykręconego do ościeżnicy oraz stalowej płytki – zwory – przykręconej do skrzydła drzwi. Gdy przez uzwojenie elektromagnesu płynie prąd stały, zwora jest silnie przyciągana i drzwi pozostają zamknięte. Po wyłączeniu prądu (np. przyciskiem wyjścia albo przy zaniku zasilania) drzwi można swobodnie otworzyć. Rdzeń elektromagnesu i zworę wykonuje się z miękkiej stali.

Przyjmij: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ N/A².

CO JESZCZE JEST W ŚRODKU

Matura 2027 z fizyki (poziom rozszerzony) – zbiór zadań, rozdział 9: Magnetyzm i indukcja elektromagnetyczna – zadania z rozwiązaniami

Podgląd pokazał 8 z 26 stron. Pełna wersja: 26 stron A4, PDF do druku.

- Zadania (26 stron): repetytorium działu (Pole magnetyczne i jego linie, Siła elektrodynamiczna i siła Lorentza, Pole przewodnika i zwojnicy, oddziaływanie przewodników, Ferromagnet
- Rozwiązania (22 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-09-magnetyzm-i-indukcja