ROZDZIAŁ 7

# Elektrostatyka

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

## W tym rozdziale

| | |
|---|---|
| **Zakres** | VII. Elektrostatyka (podstawa programowa, zakres rozszerzony) |
| **R. Repetytorium** | Ładunek i prawo Coulomba; Natężenie pola, linie pola, superpozycja; Przewodniki w polu elektrycznym; Potencjał, napięcie, energia; Ruch cząstek naładowanych w polu; Kondensator płaski i doświadczenia; ramki „Na maturze" i „Typowe błędy" |
| **A. Zadania wprowadzające** | zadania 1–5 · 18 punktów |
| **B. Zadania maturalne** | zadania 6–14 · 49 punktów |
| **C. Zadania trudniejsze** | zadania 15–18 · 31 punktów |
| **Razem** | 18 zadań (54 polecenia, w tym 25 rachunkowych), 98 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

## Ładunek i prawo Coulomba

Ładunek jest skwantowany: $q = ne$, $e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C. **Zasada zachowania ładunku**: w układzie izolowanym suma algebraiczna ładunków jest stała – przy elektryzowaniu przemieszczają się elektrony (w metalach – elektrony swobodne), ładunek nie powstaje ani nie znika. Dwie jednakowe kulki przewodzące po zetknięciu mają jednakowe ładunki równe połowie sumy ładunków.

**Prawo Coulomba**: $F = k\frac{|q_1 q_2|}{r^2}$, $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \approx 8{,}99 \cdot 10^9$ N·m²/C². Siły działają wzdłuż prostej łączącej ładunki, jednoimienne się odpychają, różnoimienne przyciągają; obie siły pary mają równe wartości (III zasada dynamiki). Prawo stosuje się do ładunków punktowych i do kul z ładunkiem rozłożonym sferycznie symetrycznie (odległość mierzymy między środkami).

## Natężenie pola, linie pola, superpozycja

**Natężenie pola**: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ (ładunek próbny dodatni), jednostka N/C = V/m. Na ładunek $q$ działa siła $\vec{F} = q\vec{E}$ – dla ładunku ujemnego zwrot siły jest przeciwny do zwrotu $\vec{E}$.

**Linie pola** są styczne do wektora $\vec{E}$, zaczynają się na ładunkach dodatnich i kończą na ujemnych, nie przecinają się; ich zagęszczenie jest miarą wartości natężenia. Pole **centralne** – linie radialne (ładunek punktowy, kula); pole **jednorodne** – linie równoległe w równych odstępach (między dużymi równoległymi płytami).

**Zasada superpozycji**: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \ldots$ – natężenia od poszczególnych ładunków dodajemy **wektorowo**. Wartość każdego składnika: $E_i = k\frac{|q_i|}{r_i^2}$; zwrot: od ładunku dodatniego, do ładunku ujemnego. Dla wektorów o zgodnych zwrotach wartości się dodają, o przeciwnych – odejmują, w ogólnym przypadku stosujemy regułę równoległoboku albo składowe.

## Przewodniki w polu elektrycznym

W stanie równowagi ładunek przewodnika gromadzi się na jego **powierzchni zewnętrznej**, natężenie pola **wewnątrz przewodnika jest zerowe**, a linie pola są prostopadłe do powierzchni. Cały przewodnik ma jeden potencjał. Obszar otoczony przewodnikiem jest osłonięty przed zewnętrznym polem – **klatka Faradaya** (ekranowanie przewodów, kabina samochodu podczas burzy).

Ładunek gęściej gromadzi się tam, gdzie powierzchnia jest silniej zakrzywiona – przy **ostrzach** natężenie pola jest duże, co może jonizować powietrze (wyładowanie koronowe, działanie piorunochronu).

**Kula z ładunkiem $Q$** rozłożonym sferycznie symetrycznie: na zewnątrz ($r \geq R$) pole jak od ładunku punktowego w środku kuli, $E = k\frac{Q}{r^2}$, $V = k\frac{Q}{r}$; wewnątrz kuli przewodzącej $E = 0$, a potencjał jest stały i równy potencjałowi powierzchni.

## Potencjał, napięcie, energia

**Energia potencjalna** układu dwóch ładunków: $E_p = k\frac{q_1 q_2}{r}$ (zero w nieskończoności; dodatnia dla jednoimiennych). **Potencjał**: $V = \frac{E_p}{q}$, jednostka wolt (1 V = 1 J/C); potencjał układu ładunków jest **sumą algebraiczną** potencjałów (ze znakami ładunków). **Napięcie**: $U_{AB} = V_A - V_B$.

Praca sił pola przy przeniesieniu ładunku z A do B: $W_{AB} = q(V_A - V_B) = -\Delta E_p$ – nie zależy od toru. Potencjał maleje w kierunku i zwrocie linii pola; powierzchnie stałego potencjału (ekwipotencjalne) są prostopadłe do linii pola i przemieszczanie po nich ładunku nie wymaga pracy sił pola.

**Pole jednorodne**: $U = Ed$ ($d$ – odległość mierzona wzdłuż linii pola). **Elektronowolt**: 1 eV = 1,602 · $10^{-19}$ J – energia, jaką zyskuje ładunek $e$ przyspieszany napięciem 1 V.

## Ruch cząstek naładowanych w polu

Na cząstkę działa stała siła $\vec{F} = q\vec{E}$ (w polu jednorodnym), przyspieszenie $\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$; siłę ciężkości cząstek elementarnych zwykle się pomija (warto to sprawdzić rachunkiem dla kropel i pyłków).

- prędkość początkowa równoległa do linii pola – ruch jednostajnie zmienny prostoliniowy; z twierdzenia o pracy i energii $qU = \Delta E_k$, dla startu z $v_0 = 0$: $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$ (gdy $v \ll c$);
- prędkość początkowa prostopadła lub ukośna do linii pola – tor paraboliczny, jak w rzucie poziomym/ukośnym: składowa prędkości prostopadła do linii pola się nie zmienia, wzdłuż linii pola ruch jednostajnie zmienny;
- poza obszarem pola – ruch jednostajny prostoliniowy.

W polu centralnym siła nie jest stała – stosujemy **zasadę zachowania energii** ($E_k + k\frac{q_1 q_2}{r} = \text{const}$), a dla dwóch ruchomych ciał także zasadę zachowania pędu.

## Kondensator płaski i doświadczenia

| Wielkość | Ładunek punktowy / kula (na zewnątrz) | Pole jednorodne (kondensator płaski) |
|---|---|---|
| natężenie pola | $E = k\frac{\lvert Q\rvert}{r^2}$ | $E = \frac{U}{d}$ |
| potencjał | $V = k\frac{Q}{r}$ (zero w nieskończoności) | maleje liniowo wzdłuż linii pola |
| energia potencjalna ładunku $q$ | $E_p = k\frac{Qq}{r}$ | $\Delta E_p = q\Delta V$ |
| praca sił pola $A \to B$ | $W = q(V_A - V_B) = qU_{AB}$ | $W = qEd$ (wzdłuż linii pola) |

**Kondensator** to układ dwóch przewodników (okładek) naładowanych ładunkami o równych wartościach i przeciwnych znakach, między którymi istnieje napięcie. W kondensatorze płaskim pole między okładkami (z dala od brzegów) jest jednorodne, skierowane od okładki dodatniej do ujemnej, o wartości $E = \frac{U}{d}$. Naładowany kondensator magazynuje energię – podczas rozładowania zamienia się ona na inne formy energii (np. w lampie błyskowej, w iskrze).

**Doświadczenia**: obraz linii pola uzyskuje się, wsypując drobne ziarenka (kasza manna, włoski trawy) do oleju między elektrody połączone z maszyną elektrostatyczną; przeskok iskry między kulkami iskiernika pokazuje przekaz energii przy rozładowaniu. Suche powietrze przestaje być izolatorem przy natężeniu ok. 3 · $10^6$ V/m.

### Na maturze

W zadaniach z elektrostatyki CKE najczęściej każe: **narysować wektory natężenia** pola w zadanym punkcie (z zachowaniem kierunku, zwrotu i stosunku długości) i **obliczyć natężenie wypadkowe** – punkty przyznaje się etapami: wartości składowych, ustalenie zwrotów, dodawanie

wektorowe, wynik. W poleceniach „wyznacz … w zależności tylko od …” odpowiedź może zawierać wyłącznie wymienione wielkości (stałą $k$ lub $\varepsilon_0$ – jeśli wymieniono). Obliczając pracę i energię, zapisz znak wyniku i opisz, czyja to praca (sił pola czy siły zewnętrznej). Energię w eV zamieniaj na dżule mnożąc przez $e$, a napięcie z energii w eV odczytuj bezpośrednio (1 eV ↔ 1 V dla ładunku $e$). Wynik podawaj z liczbą cyfr znaczących wymaganą w poleceniu i z jednostką.

## Typowe błędy

| Tak traci się punkty | Tak jest dobrze | Dlaczego |
|---|---|---|
| Dodawanie wartości natężeń od kilku ładunków jak liczb: $E = E_1 + E_2 + E_3$ bez względu na kierunki. | Ustalenie kierunku i zwrotu każdego wektora, a potem dodawanie wektorowe (równoległobok, składowe, symetria). | Natężenie pola jest wektorem; tak tracono punkty w zadaniu z trzema ładunkami w wierzchołkach kwadratu (sprawozdanie CKE 2026, zad. 7.2). |
| Wstawienie do $E = k\frac{q}{r^2}$ ładunku ze znakiem minus i „ujemna wartość” natężenia albo zwrot wektora od ładunku ujemnego. | Do wzoru na wartość wstawia się $\lvert q\rvert$, a znak ładunku decyduje o zwrocie: od ładunku dodatniego, do ujemnego. | Wartość wektora jest nieujemna; błąd opisany w sprawozdaniu CKE 2026 (zad. 7.2). |
| Obliczenie napięcia z energii w eV przez dzielenie liczby elektronowoltów przez $1{,}602 \cdot 10^{-19}$ (wynik w „eV/C”) albo pominięcie jednostki eV. | $U = \frac{E}{e}$: energia $n$ eV odpowiada napięciu $n$ V dla ładunku $e$; liczby w dżulach dziel przez $e$ w kulombach. | Jednostka eV zawiera już czynnik $e$ (sprawozdania CKE 2023, zad. 10.3 i 2024, zad. 10.2). |
| Wektor natężenia lub siły narysowany „mniej więcej” – bez zaczepienia w punkcie, z błędnym zwrotem albo bez zachowania stosunku długości. | Wektor zaczepiony w zadanym punkcie, kierunek wzdłuż prostej ładunek–punkt, zwrot zależny od znaku ładunku, długości proporcjonalne do wartości. | Polecenia rysunkowe wymagają analizy zjawiska, a nie szkicu (sprawozdanie CKE 2024, zad. 6 – wektor natężenia pola). |
| Wzór końcowy w zadaniu „wyznacz … tylko od …” zawierający wielkości pośrednie (np. siłę, czas, natężenie od jednego ładunku). | Wyeliminowanie wielkości pośrednich i sprawdzenie, że w wyniku są tylko wielkości wymienione w poleceniu. | Zdający słabo radzą sobie z wyprowadzaniem wzorów w zależności od zadanych wielkości (sprawozdania CKE 2023 i 2024, uwagi ogólne). |
| Wynik podany z inną liczbą cyfr znaczących niż wymagana w poleceniu (np. $2{,}8977 \cdot 10^{-9}$ N zamiast $2{,}9 \cdot 10^{-9}$ N). | Zaokrąglenie wyniku końcowego dokładnie do wymaganej liczby cyfr znaczących (obliczenia pośrednie z zapasem cyfr). | Częsta przyczyna utraty punktu (sprawozdania CKE 2023, zad. 11.3 i uwagi ogólne; 2024, zad. 11.3). |

# A Zadania wprowadzające

## Zadanie 1. (0–4)

Trzy jednakowe metalowe kulki umieszczone na izolujących statywach mają ładunki: kulka 1: $q_1 = +9{,}0$ nC, kulka 2: $q_2 = -3{,}0$ nC, kulka 3 jest obojętna. Najpierw zetknięto kulki 1 i 2, a następnie rozsunięto je. Potem zetknięto kulki 2 i 3 i także je rozsunięto. Kulki nie stykały się z innymi ciałami, a ich wymiary są małe w porównaniu z odległościami między nimi po rozsunięciu.

## Zadanie 1.1. (0–1)

Uzupełnij zdanie – wpisz ładunki kulek (ze znakami) po wykonaniu opisanych czynności.

Kulka 1: ..... nC, kulka 2: ..... nC, kulka 3: ..... nC.

## Zadanie 1.2. (0–1)

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

Podczas stykania kulek 2 i 3

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **A** | elektrony przepłynęły z kulki 3 do kulki 2, | ponieważ | **1.** | w metalach nośnikami ładunku są jony dodatnie, które przemieszczają się do ciała obojętnego. |
| **B** | elektrony przepłynęły z kulki 2 do kulki 3, | | **2.** | kulka 3 uzyskała ładunek dodatni, czyli liczba elektronów na niej zmalała. |

## Zadanie 1.3. (0–2)

Oblicz liczbę elektronów, które przepłynęły między kulkami 2 i 3. Zapisz obliczenia.

Obliczenia

## Zadanie 2. (0–3)

W krysztale chlorku sodu najmniejsza odległość między środkami jonu $Na^+$ i jonu $Cl^-$ jest równa 0,282 nm. Jony traktuj jak ładunki punktowe o wartości ładunku elementarnego, a wpływ pozostałych jonów kryształu pomiń.

## Zadanie 2.1. (0–2)

Oblicz wartość siły oddziaływania elektrostatycznego między tymi dwoma jonami. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Obliczenia

## Zadanie 2.2. (0–1)

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Odległość między dwoma ładunkami punktowymi zwiększono trzykrotnie, a wartość jednego z ładunków zwiększono dwukrotnie. Wartość siły ich wzajemnego oddziaływania

A. zmalała 1,5 raza.

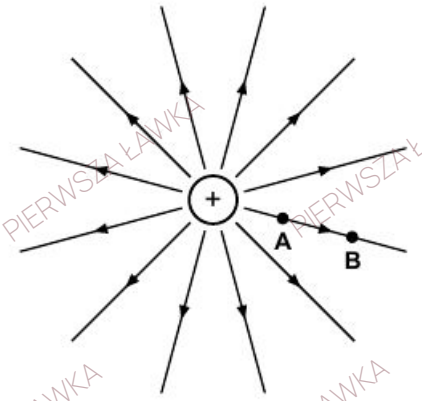
B. zmalała 9 razy.

C. wzrosła 1,5 raza.

D. zmalała 4,5 raza.

## Zadanie 3. (0–3)

Na rysunku 1. przedstawiono linie pola elektrycznego wytworzonego przez dodatni ładunek punktowy znajdujący się w próżni. Punkt A leży w odległości 2,0 cm, a punkt B – w odległości 4,0 cm od ładunku.




Rysunek schematyczny – nie zachowano skali.

Rysunek 1.

## Zadanie 3.1. (0–1)

Uzupełnij zdania. Wybierz właściwe określenia spośród podanych w nawiasach.

W otoczeniu punktu A linie pola są (gęstsze / rzadsze) niż w otoczeniu punktu B, zatem wartość natężenia pola w punkcie A jest (większa / mniejsza) niż w punkcie B.

Pole elektryczne pokazane na rysunku 1. jest polem (centralnym / jednorodnym).

### Zadanie 5.2. (0–2)

Oblicz, ile nadmiarowych elektronów przypada średnio na 1 m² powierzchni Ziemi w tym modelu. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Obliczenia

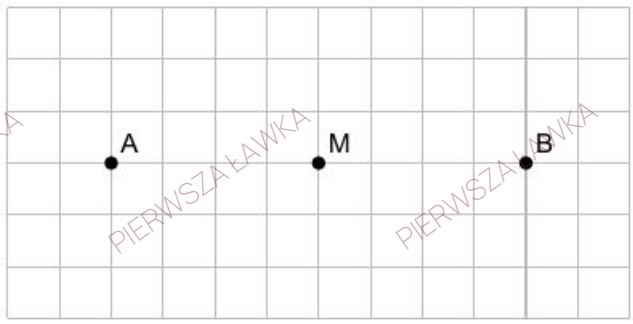
## B Zadania maturalne

### Zadanie 6. (0–8)

W punkcie A umieszczono ładunek punktowy $q_A = +6{,}0$ nC, a w punkcie B – ładunek punktowy $q_B = -1{,}5$ nC. Odległość AB jest równa $d = 40$ cm, a punkt M jest środkiem odcinka AB. Położenie punktów przedstawiono na rysunku w kratkę (1 kratka – 5 cm). Ładunki znajdują się w próżni.

### Zadanie 6.1. (0–2)

Narysuj w punkcie M wektory natężenia pola $\vec{E}_A$ i $\vec{E}_B$ wytworzonego odpowiednio przez ładunki $q_A$ i $q_B$ oraz wektor natężenia pola wypadkowego. Zachowaj właściwy stosunek długości wektorów $\vec{E}_A$ i $\vec{E}_B$.




1 kratka – 5 cm

### Zadanie 6.2. (0–2)

Oblicz wartość natężenia pola elektrycznego w punkcie M. Zapisz obliczenia.

Obliczenia

## Zadanie 12.1. (0–2)

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

| | | | |
|---|---|---|---|
| **1.** | Płyty dołączone do zasilacza tworzą kondensator – układ dwóch przewodników naładowanych ładunkami o równych wartościach i przeciwnych znakach. | **P** | **F** |
| **2.** | Pole elektryczne między płytami (z dala od ich brzegów) jest w przybliżeniu jednorodne. | **P** | **F** |
| **3.** | Po odłączeniu zasilacza i połączeniu płyt przewodnikiem ładunki na płytach pozostają bez zmian. | **P** | **F** |

## Zadanie 12.2. (0–2)

Oblicz wartość natężenia pola między płytami oraz najmniejszą odległość płyt, przy której (przy tym samym napięciu) między płytami nie przeskoczy iskra. Zapisz obliczenia.

Obliczenia

## Zadanie 12.3. (0–2)

Opisz przemiany energii podczas przeskoku iskry między kulkami iskiernika. Podaj, skąd pochodzi energia iskry.

.....

.....

.....

## Zadanie 13. (0–4)

Generator Van de Graaffa gromadzi ładunek na metalowej kuli o promieniu $R = 20$ cm. Ładunek rozkłada się równomiernie na powierzchni kuli. Gdy natężenie pola przy powierzchni kuli osiąga ok. $3{,}0 \cdot 10^6$ V/m, powietrze zaczyna przewodzić i kula się rozładowuje.

CO JESZCZE JEST W ŚRODKU

# Matura 2027 z fizyki (poziom rozszerzony) – zbiór zadań, rozdział 7: Elektrostatyka – repetytorium, zadania i zasady oceniania

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

- Zadania (25 stron): repetytorium działu (Ładunek i prawo Coulomba, Natężenie pola, linie pola, superpozycja, Przewodniki w polu elektrycznym, Potencjał, napięcie, energia, Ruch czą
- Rozwiązania (24 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-07-elektrostatyka