

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny z fizyki dla klasy drugiej (zakres rozszerzony)

Wymagania edukacyjne uwzględniają zmiany z 2024 r. wynikające z uszczuplenia podstawy programowej. Szarym kolorem oznaczono treści, o których realizacji decyduje nauczyciel.

Szczegółowe wymagania na poszczególne stopnie

Na podstawowym poziomie wymagań uczeń powinien wykonać zadania obowiązkowe (na stopień dopuszczający - łatwe; na stopień dostateczny - umiarkowanie trudne); niektóre czynności ucznia mogą być wspomagane przez nauczyciela (np. wykonywanie doświadczeń, rozwiązywanie problemów, przy czym na stopień dostateczny uczeń wykonuje je pod kierunkiem nauczyciela, na stopień dopuszczający - przy pomocy nauczyciela lub innych uczniów).

Czynności wymagane na poziomach wymagań wyższych niż poziom podstawowy uczeń powinien wykonać samodzielnie (na stopień dobry niekiedy może jeszcze korzystać z niewielkiego wsparcia nauczyciela).

W wypadku wymagań na stopnie wyższych niż dostateczny uczeń wykonuje zadania dodatkowe (na stopień dobry - umiarkowanie trudne; na stopień bardzo dobry - trudne).

Ocenę celującą otrzymuje uczeń, który opanował wszystkie treści z podstawy programowej oraz rozwiązuje zadania o wysokim stopniu trudności i złożoności.

Wymagania na kolejne stopnie się kumulują - obejmują również wymagania na stopnie niższe.

Ocena			
Stopień dopuszczający	Stopień dostateczny	Stopień dobry	Stopień bardzo dobry
Ruch postępowy i obrotowy bryły sztywnej			
Uczeń potrafi <ul style="list-style-type: none">definiować i zapisać wzorem iloczyn wektorowy dwóch wektorów,podać wzór na wartość iloczynu wektorowego wektorów prostopadłych	Uczeń potrafi <ul style="list-style-type: none">podać kierunek, zwrot i wartość wektora, który stanowi wynik mnożenia wektorowegoposługiwać się pojęciami: szybkość kątowna średnia i chwilowa, prędkość kątowna średnia i	Uczeń potrafi <ul style="list-style-type: none">wyjaśnić, co to znaczy, że iloczyn wektorowy jest nieprzemienne	Uczeń potrafi pomnożyć wektorowo dwa wektory o dowolnych kierunkach i zwrotach

<ul style="list-style-type: none"> wymienić cechy modelu, jakim jest bryła sztywna, podać przykłady ruchu postępowego i obrotowego bryły sztywnej podać i objaśnić wzór na energię kinetyczną bryły wykonującej ruch obrotowy, podać wzór na moment bezwładności punktu materialnego względem wybranej osi obrotu wykazać, że działanie siły nie wystarcza do wprowadzenia bryły w ruch obrotowy, na podstawie wzoru obliczyć wartość momentu siły <p>wymienić przykłady maszyn prostych i opisać zasadę działania jednej z nich</p>	<p>chwilowa, przyspieszenie kątowe średnie i chwilowe</p> <ul style="list-style-type: none"> obliczyć energię kinetyczną obracającej się bryły, znając jej szybkość kątową i moment bezwładności względem osi symetrii na podstawie wzoru definicyjnego obliczyć wartość momentu siły i podać jego kierunek i zwrot, podać przykłady ruchów obrotowych jednostajnych i zmiennych podać warunki równowagi bryły sztywnej, podać sposoby praktycznego wykorzystania maszyn prostych aktywnie uczestniczyć przy wykonywaniu pomiarów i obliczeń dotyczących badania zależności wartości przyspieszenia kątowego od momentu bezwładności bryły napisać wzór na moment pędu punktu materialnego poruszającego się ruchem jednostajnym po okręgu, podać kierunek i zwrot momentu pędu obserwować ruch układu (człowiek z wirującym kołem na fotelu obrotowym), którego moment bezwładności ulega zmianie i wnioskować na tej podstawie o momencie pędu układu wszystkim dynamicznym wielkościom fizycznym służącym do opisu ruchu postępowego przypisać odpowiednie wielkości służące do opisu ruchu obrotowego i wyrazić je odpowiednimi wzorami podać zerową prędkość punktu bryły stykającego się z podłożem jako warunek toczenia się bryły bez poślizgu, zastosować zasadę zachowania energii do opisu bryły staczającej się z równi pochyłej bez poślizgu 	<ul style="list-style-type: none"> wyprowadzić i objaśnić związki między wielkościami opisującymi ruch obrotowy wyprowadzić wzór na energię kinetyczną obracającej się bryły, zdefiniować moment bezwładności i uzasadnić pogląd, że charakteryzuje on bezwładność bryły, korzystać z twierdzenia Steinera do obliczania momentów bezwładności formułować pierwszą i drugą zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego, podać warunki wykonywania ruchów obrotowych jednostajnie i niejednostajnie zmiennych na podstawie odpowiednich obliczeń wyjaśnić zasadę działania dźwigni jedno- i dwustronnej, bloku nieruchomego i ruchomego oraz kołowrotu zaprezentować teoretyczne przygotowanie do zbadania zależności przyspieszenia kątowego od momentu bezwładności bryły zapisać i objaśnić związek momentu pędu bryły obracającej się wokół osi symetrii z momentem bezwładności tej bryły, zapisać i objaśnić drugą zasadę dynamiki w postaci $\vec{M} = \frac{\Delta \vec{L}}{\Delta t}$ i wywnioskować z niej zasadę zachowania momentu pędu za pomocą wahadła Oberbecka wykonać doświadczenie sprawdzające zasadę zachowania momentu pędu wykorzystać analogie w opisie ruchu postępowego i obrotowego do rozwiązywania typowych zadań 	<ul style="list-style-type: none"> precyzyjnym językiem fizyki objaśnić analogie między wielkościami kinematycznymi dla ruchu postępowego i obrotowego stosować definicję momentu bezwładności $\sum m_i r_i^2$ i wyprowadzać wzory na momenty bezwładności wybranych brył wykazać, że przy obracaniu bryły pracę wykonuje moment siły, wyprowadzić i objaśnić wzór na moc chwilową w ruchu obrotowym bryły wyjaśnić zasadę działania wielokrążka obliczyć i skomentować niepewności pomiarowe wyznaczonej doświadczalnie wartości przyspieszenia kątowego bryły sztywnej przeprowadzić rozumowanie prowadzące do uzyskania związku między momentem pędu i momentem bezwładności bryły, przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wyrażenia drugiej zasady dynamiki w postaci $\vec{M} = \frac{\Delta \vec{L}}{\Delta t}$ obliczyć i skomentować niepewności pomiarowe przy porównywaniu momentów pędu w doświadczeniu sprawdzającym zasadę zachowania momentu pędu układu wykorzystać analogie w opisie ruchu postępowego i obrotowego do rozwiązywania zadań o podwyższonym stopniu trudności
--	--	---	---

		<ul style="list-style-type: none"> • obliczyć wypadkową prędkość punktów leżących na pionowej średnicy bryły toczącej się bez poślizgu, zapisać równania ruchu postępowego i obrotowego toczącej się bryły 	<ul style="list-style-type: none"> • opisać staczanie się bryły po równi pochyłej jako ruch obrotowy wokół chwilowej osi obrotu, wyjaśnić, dlaczego podczas toczenia bez poślizgu energia mechaniczna bryły jest zachowana
Pole grawitacyjne. Elementy astronomii			
<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> • informuje, czym planeta różni się od gwiazdy • wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową w ruchu po orbicie kołowej • wymienia rodzaje ciał niebieskich w Układzie Słonecznym: Słońce, planety, planety karłowate, księżyce, planetoidy, komety • wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę spadania ciał • podaje i interpretuje związek między przyspieszeniem grawitacyjnym na powierzchni planety a jej masą i promieniem • interpretuje wzór na pracę wykonaną przez siły zewnętrzne podczas przemieszczania się ciała, na które działa siła grawitacji • posługuje się pojęciem <i>drugiej prędkości kosmicznej</i> zwanej prędkością ucieczki • rozwiązuje proste zadania lub problemy: 	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> • opisuje rzeczywisty ruch planet wokół Słońca • wyjaśnia ruch planet wokół Słońca, opierając się na działaniu siły grawitacji pełniącej funkcję siły dośrodkowej • podaje najważniejsze fakty z historii wiedzy astronomicznej • opisuje budowę Układu Słonecznego i jego miejsce w Galaktyce; wyjaśnia ruch planet wokół Słońca i księżyców wokół planet • posługuje się pojęciami <i>jednostki astronomicznej</i> i <i>roku świetlnego</i>; stosuje je do obliczeń i wyjaśniania zjawisk • opisuje i wyjaśnia powstawanie faz Księżyca, doświadczalnie demonstruje mechanizm tego zjawiska na modelu • opisuje i wyjaśnia mechanizm zaćmień Księżyca i Słońca, wykorzystując prostoliniowe rozchodzenie się światła • wyjaśnia, za pomocą opisu ruchu obrotowego i obiegowego Księżyca, dlaczego z Ziemi jest widoczna tylko jedna strona Księżyca • opisuje powierzchnię Księżyca 	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> • opisuje ruch planet na sferze niebieskiej i pozorny obrót sfery niebieskiej • przedstawia rozwój poglądów od teorii Ptolemeusza do teorii Newtona • opisuje planety pozasłoneczne i poszukiwania życia pozaziemskiego • omawia budowę poszczególnych rodzajów planet Układu Słonecznego • wymienia konsekwencje braku atmosfery Księżyca • wykazuje, że zależność $g(R)$ jest proporcjonalnością prostą; ^Domawia wybrane metody wyznaczania stałej grawitacji • ^Dwyjaśnia, jakie czynniki wpływają na przyspieszenie grawitacyjne i ciężar ciała na Ziemi • ^Dposługuje się pojęciem <i>pola grawitacyjnego</i> do opisu oddziaływania grawitacyjnego • ^Dpodaje przykłady torów ruchu ciał pod wpływem siły grawitacji innych niż elipsa 	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> • wykazuje, że drugie prawo Keplera jest konsekwencją zasady zachowania momentu pędu • ^Dwyprowadza wzór na siłę pływową • rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy dotyczące treści działu <i>Grawitacja i elementy astronomii</i>, w szczególności: <ul style="list-style-type: none"> – związane z opisem ruchu gwiazd i planet oraz obserwacjami astronomicznymi – związane z opisem budowy Układu Słonecznego – dotyczące Księżyca – z wykorzystaniem prawa powszechnego ciążenia – związane z pierwszym i drugim prawem Keplera oraz prędkością satelity

<ul style="list-style-type: none"> – związane z opisem ruchu gwiazd i planet oraz obserwacjami astronomicznymi – związane z opisem budowy Układu Słonecznego – dotyczące Księżyca – korzystając z prawa powszechnego ciążenia – związane z pierwszym i drugim prawem Keplera oraz prędkością satelity – z wykorzystaniem trzeciego prawa Keplera – związane z energią potencjalną grawitacji i wykorzystaniem zasady zachowania energii – związane z siłami pływowymi; w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza jednostki oraz wielokrotności i podwielokrotności, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych, czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania 	<ul style="list-style-type: none"> • posługuje się prawem powszechnego ciążenia do opisu oddziaływania grawitacyjnego • wyprowadza związek między przyspieszeniem grawitacyjnym na powierzchni planety a jej masą i promieniem; stosuje go do obliczeń • oblicza wartość prędkości ciała na orbicie kołowej o dowolnym promieniu; omawia ruch satelitów wokół Ziemi; posługuje się pojęciem <i>pierwszej prędkości kosmicznej</i>, wyznacza ją i oblicza jej wartość dla różnych ciał niebieskich • analizuje jakościowo wpływ siły grawitacji Słońca na niejednostajny ruch planet po orbitach eliptycznych i wpływ siły grawitacji pochodzącej od planet na ruch ich księżyców • opisuje ruch ciała pod wpływem siły grawitacji; podaje treść pierwszego prawa Keplera i stosuje je do wyjaśniania zjawisk • podaje treść drugiego prawa Keplera • podaje treść trzeciego prawa Keplera, stosuje to prawo do obliczeń dla orbit kołowych i eliptycznych • oblicza masę ciała niebieskiego na podstawie parametrów opisujących ruch jego satelity • interpretuje wzór na energię potencjalną grawitacji oraz wykazuje, że energia potencjalna grawitacji jest zawsze ujemna • oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji • oblicza wartość drugiej prędkości kosmicznej dla różnych ciał niebieskich 	<ul style="list-style-type: none"> • interpretuje drugie prawo Keplera jako konsekwencję zasady zachowania momentu pędu • interpretuje trzecie prawo Keplera jako konsekwencję prawa powszechnego ciążenia • uzasadnia trzecie prawo Keplera dla orbit kołowych i eliptycznych; wyprowadza wzór wyrażający związek między masą ciała niebieskiego a parametrami, które opisują ruch jego satelity • ilustruje na wykresie zależność energii potencjalnej grawitacji ciała od odległości od jej źródła • analizuje zmiany energii potencjalnej i kinetycznej w ruchu planety po orbicie eliptycznej, stosuje zasadę zachowania energii do opisu ruchu orbitalnego • wyprowadza wzór na drugą prędkość kosmiczną • wyjaśnia mechanizm powstawania sił pływowych pochodzących od Księżyca i Słońca • przeprowadza wybrane obserwacje astronomiczne, korzystając z ich opisów • rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy: <ul style="list-style-type: none"> – związane z opisem ruchu gwiazd i planet oraz obserwacjami astronomicznymi 	<ul style="list-style-type: none"> – z wykorzystaniem trzeciego prawa Keplera – związane z energią potencjalną grawitacji i wykorzystaniem zasady zachowania energii – związane z siłami pływowymi oraz wykazuje podane zależności, ilustruje je graficznie • planuje i modyfikuje przebieg przedstawionych obserwacji astronomicznych; prezentuje wyniki własnych obserwacji astronomicznych planuje, realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami działu <i>Grawitacja i elementy astronomii</i>; formułuje i weryfikuje hipotezy
---	--	---	--

	<ul style="list-style-type: none"> • opisuje przyprływy i odpływy morskie, wymienia ich przyczyny • interpretuje wzór na siłę pływową, oblicza wartość sił pływowych • rozwiązuje typowe zadania lub problemy: <ul style="list-style-type: none"> – związane z opisem ruchu gwiazd i planet oraz obserwacjami astronomicznymi – związane z opisem budowy Układu Słonecznego – dotyczące Księżyca – z wykorzystaniem prawa powszechnego ciężenia – związane z pierwszym i drugim prawem Keplera oraz prędkością satelity – z wykorzystaniem trzeciego prawa Keplera – związane z energią potencjalną grawitacji i wykorzystaniem zasady zachowania energii – związane z siłami pływowymi, w szczególności: posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi i astronomicznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem naukowym, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik; interpretuje zależności • posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych dotyczących treści działu <i>Grawitacja i elementy astronomii</i>, w szczególności obserwacji astronomicznych 	<ul style="list-style-type: none"> – związane z opisem budowy Układu Słonecznego – dotyczące Księżyca – wykorzystując prawo powszechnego ciężenia – związane z pierwszym i drugim prawem Keplera oraz prędkością satelity – z wykorzystaniem trzeciego prawa Keplera – związane z energią potencjalną grawitacji i wykorzystaniem zasady zachowania energii – związane z siłami pływowymi oraz uzasadnia odpowiedzi, podane stwierdzenia i zależności • samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe dotyczące treści działu <i>Grawitacja i elementy astronomii</i>, w szczególności dotyczące: <ul style="list-style-type: none"> – gwiazd i planet – budowy Układu Słonecznego – sił pływowych; <ul style="list-style-type: none"> posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań i problemów 	
--	---	--	--

	<ul style="list-style-type: none"> • analizuje tekst <i>Rok na Czerwonej Planecie</i>; wyodrębnia informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje je do rozwiązywania prostych zadań lub problemów • dokonuje syntezy wiedzy z tego działu; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności 		
Ruch drgający harmoniczny			
<ul style="list-style-type: none"> • aktywnie uczestniczyć przy wykonywaniu pomiarów w doświadczalnym badaniu zależności wartości przyspieszenia kąowego od momentu bezwładności bryły • wymienić moment pędu jako wielkość służącą do opisu ruchu obrotowego, która nie ulega zmianie, gdy wypadkowy moment sił działających na bryłę jest równy zeru • obserwować ruch układu (człowiek z hantlami na fotelu obrotowym), którego moment bezwładności ulega zmianie i wnioskować na tej podstawie o momencie pędu układu • większości dynamicznych wielkości fizycznych służących do opisu ruchu postępowego przypisać odpowiednie wielkości służące do opisu ruchu obrotowego <p>opisać toczenie bryły jako złożenie ruchu postępowego</p>	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> • analizuje ruch drgający ciała pod wpływem siły sprężystości • analizuje zależność $x(t)$ dla ciała w ruchu drgającym i interpretuje wykres tej zależności; opisuje sposób zmniejszania niepewności wyznaczania (pomiaru lub odczytu z wykresu $x(t)$) okresu drgań • posługuje się pojęciem <i>ruchu harmonicznego</i>; rozróżnia ruch harmoniczny i ruch nieharmoniczny; podaje przykłady takich ruchów • podaje i stosuje w obliczeniach wzory opisujące zależność położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu w ruchu harmonicznym • opisuje ruch harmoniczny, posługując się pojęciami: <i>wychylenia, amplitudy, częstości kołowej, fazy i przesunięcia fazowego</i>; rozróżnia drgania o fazach zgodnych i fazach przeciwnych • analizuje zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu dla ciała w ruchu 	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ilustruje graficznie i wyjaśnia wynik obserwacji ruchu rzutu punktu poruszającego się po okręgu • wyprowadza wzory opisujące zależność położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu w ruchu harmonicznym, wykorzystując funkcje trygonometryczne • wykazuje, że ruch harmoniczny jest wywołany przez siłę o wartości proporcjonalnej do wychylenia, wyprowadza zależność $F = m\omega^2x$ • rysuje wykresy zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu dla ruchu harmonicznego • analizuje ruch wahadła sprężynowego – drgania w pionie • porównuje opis matematyczny ruchu wahadła sprężynowego z wynikami doświadczenia – jego badania • wyznacza współczynnik sprężystości na podstawie wykresu zależności 	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ^Dwyprowadza wzory na energię potencjalną, energię kinetyczną i całkowitą energię mechaniczną poruszającego się w pionie obciążnika wiszącego na sprężynie • ^Danalizuje i interpretuje wykresy zależności poszczególnych form energii od czasu w ruchu obciążnika zawieszonoego na sprężynie • rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy: <ul style="list-style-type: none"> – związane z ruchem drgającym – dotyczące opisu drgań harmonicznych – dotyczące ruchu ciała na sprężynie – dotyczące wahadła matematycznego – z wykorzystaniem wzorów na energię w ruchu harmonicznym

<p>względem podłoża i ruchu obrotowego wokół osi symetrii</p>	<p>drgającym harmonicznym, interpretuje wykresy tych zależności</p> <ul style="list-style-type: none"> • analizuje ruch wózka na sprężynie pod wpływem siły sprężystości – drgania w poziomie • podaje, interpretuje i stosuje w obliczeniach wzór na okres wahadła sprężynowego – zależność okresu drgań ciężarka na sprężynie od masy ciężarka i współczynnika sprężystości sprężyny • porównuje, analizuje i interpretuje wykresy opisujące ruch harmoniczny ciężarka na sprężynie: $x(t)$, $v(t)$, $a(t)$, $F(t)$ • opisuje ruch wahadła matematycznego jako ruch harmoniczny; analizuje siły działające na wahadło matematyczne, przedstawia je graficznie i opisuje • podaje, interpretuje i stosuje w obliczeniach zależność okresu drgań wahadła matematycznego o małej amplitudzie od jego długości • stosuje w obliczeniach zasadę zachowania energii • oblicza energię potencjalną sprężystości i uwzględnia ją w analizie przemian energii • analizuje przemiany energii w ruchu harmonicznym ciała na sprężynie – ruch w poziomie, oraz w ruchu wahadła matematycznego; interpretuje wzory na energię potencjalną, energię kinetyczną i całkowitą energię mechaniczną w ruchu harmonicznym • opisuje zjawisko rezonansu mechanicznego, posługując się pojęciem <i>częstotliwości drgań</i> 	<p>wydłużenia sprężyny od ciężaru obciążnika, z uwzględnieniem niepewności pomiaru</p> <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadza wzór na okres wahadła sprężynowego; szkicuje wykresy zależności $T(m)$ dla danego współczynnika k i $T(k)$ dla danej masy m • wyznacza przyspieszenie ziemskie na podstawie wykresu zależności $l(T^2)$, wraz z niepewnością maksymalną pomiaru • wyprowadza wzór na okres drgań wahadła matematycznego • wyprowadza wzory na energię potencjalną, energię kinetyczną i całkowitą energię mechaniczną w ruchu harmonicznym • szkicuje, analizuje i interpretuje wykresy zależności poszczególnych form energii ciała w ruchu harmonicznym od czasu i wychylenia • ^Danalizuje przemiany energii podczas ruchu w pionie obciążnika wiszącego na sprężynie • planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji): <ul style="list-style-type: none"> – demonstracji niezależności okresu drgań wahadła od amplitudy – badania zależności okresu drgań ciężarka od jego masy 	<p>– dotyczące zjawiska rezonansu mechanicznego oraz sporządza wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru; udowadnia podane zależności</p> <p>planuje, realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami rozdziału <i>Ruch drgający</i>; formułuje i weryfikuje hipotezy</p>
---	--	--	---

	<p>własnych; ilustruje to zjawisko na wybranych przykładach, szkicuje wykres zależności $x(t)$ w przypadku rezonansu</p> <ul style="list-style-type: none"> • przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: <ul style="list-style-type: none"> – bada ruch ciężarka na sprężynie; sporządza i interpretuje wykres $x(t)$ – obserwuje i opisuje ruch rzutu punktu poruszającego się po okręgu – demonstruje niezależność okresu drgań wahadła sprężynowego od amplitudy; bada zależność okresu drgań ciężarka od jego masy i od współczynnika sprężystości sprężyny – demonstruje niezależność okresu małych drgań wahadła od amplitudy; bada zależność okresu drgań od masy i długości wahadła; wyznacza wartość przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego – demonstruje zjawisko rezonansu mechanicznego; <p>przedstawia, opracowuje i analizuje wyniki, uwzględnia niepewności pomiarów i formułuje wnioski</p> <ul style="list-style-type: none"> • rozwiązuje typowe zadania lub problemy: <ul style="list-style-type: none"> – związane z ruchem drgającym – dotyczące drgań harmonicznym – dotyczące ruchu ciała na sprężynie – dotyczące wahadła matematycznego – dotyczące energii w ruchu harmonicznym – dotyczące zjawiska rezonansu mechanicznego, <p>w szczególności: posługuje się tablicami</p>	<p>i współczynnika sprężystości sprężyny</p> <ul style="list-style-type: none"> – badania zależności okresu drgań od długości wahadła – demonstracji zjawiska rezonansu mechanicznego <ul style="list-style-type: none"> • rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy: <ul style="list-style-type: none"> – związane z ruchem drgającym – dotyczące opisu drgań harmonicznym – dotyczące ruchu ciała na sprężynie – dotyczące wahadła matematycznego – związane z wykorzystaniem wzorów na energię w ruchu harmonicznym – dotyczące zjawiska rezonansu mechanicznego <p>oraz sporządza wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru; uzasadnia stwierdzenia i zależności</p> <ul style="list-style-type: none"> • realizuje i prezentuje projekt <i>Figury Lissajous</i> opisany w podręczniku • samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści rozdziału <i>Ruch drgający</i>, w szczególności dotyczące: <ul style="list-style-type: none"> – ruchu drgającego i zjawisk okresowych – wahadeł i ich zastosowań – zjawiska rezonansu mechanicznego <ul style="list-style-type: none"> – jego przykładów i skutków; <p>posługuje się informacjami</p>	
--	--	---	--

	<p>fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, prowadzi obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik, tworzy, analizuje i interpretuje wykresy</p> <ul style="list-style-type: none"> • posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, lub zaczerpniętych z internetu, dotyczących treści rozdziału <i>Ruch drgający</i>, w szczególności: <ul style="list-style-type: none"> – ruchu drgającego i zjawisk okresowych – wahadeł i ich zastosowań – zjawiska rezonansu mechanicznego, jego przykładów i skutków <p>dokonuje syntezy wiedzy o ruchu drgającym; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności</p>	<p>pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje do rozwiązywania zadań lub problemów</p>	
Zjawiska termodynamiczne			
<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> • podaje wielkości opisujące gaz oraz przyczynę wytwarzania ciśnienia przez gaz; posługuje się pojęciami: <i>mol</i>, <i>stała Avogadra</i>, <i>przemiany gazu</i> • opisuje model gazu doskonałego; posługuje się założeniami teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego • podaje pierwszą zasadę termodynamiki i analizuje ją jako zasadę zachowania energii 	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> • rozróżnia przemiany gazu: izotermiczną, izobaryczną, izochoryczną i adiabatyczną; wskazuje przykłady przemian gazu w otaczającej rzeczywistości • stosuje pierwszą zasadę termodynamiki w analizie przemian gazowych; omawia zależności opisujące przemiany gazu: izotermiczną, izobaryczną i izochoryczną, stosuje je w obliczeniach; opisuje zjawisko rozszerzalności objętościowej gazów 	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> • porównuje wykresy przemian gazu doskonałego: izotermicznej, izobarycznej i izochorycznej, dla różnych parametrów – stałych w danej przemianie • wyprowadza równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) • porównuje przemiany izotermiczną i adiabatyczną na wybranych przykładach i wykresach zależności $p(V)$ 	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> • wyjaśnia i analizuje trójwymiarowy wykres równania Clapeyrona i jego przekroje: izotermę, izobarę i izochorę • rozróżnia i oblicza współczynniki efektywności pompy cieplnej w przypadku chłodzenia i w przypadku ogrzewania za pomocą pompy cieplnej • rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy:

<ul style="list-style-type: none"> • posługuje się pojęciem <i>energii wewnętrznej</i>; przedstawia związek między temperaturą a średnią energią ruchu cząsteczek i energią wewnętrzną gazu doskonałego • informuje, że wartość bezwzględna pracy wykonanej przez gaz w każdej przemianie gazowej jest liczbowo równa polu pod wykresem przemiany w układzie (V, p) • podaje definicję silnika cieplnego, omawia jego schemat, rozróżnia grzejnik i chłodnicę, podaje przykłady wykorzystania silników cieplnych • podaje przykłady wykorzystywania pomp cieplnych • określa kierunek przekazu energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach; rozróżnia zjawiska odwracalne i nieodwracalne, podaje ich przykłady w otaczającej rzeczywistości • wykonuje doświadczenie, korzystając z jego opisu – sprawdza temperaturę różnych elementów tylnej części lodówki, wyjaśnia wynik swoich obserwacji i formułuje wniosek • rozwiązuje proste zadania lub problemy: <ul style="list-style-type: none"> – dotyczące przemian gazu – dotyczące przemian gazu doskonałego – związane ze zmianami energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej 	<ul style="list-style-type: none"> • identyfikuje, interpretuje i analizuje wykresy przemian gazu doskonałego: izotermicznej, izobarycznej i izochorycznej • podaje oraz objaśnia i interpretuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona); posługuje się pojęciem <i>stałej gazowej</i>, podaje jej wartość wraz z jednostką • stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczania parametrów gazu i wyjaśniania zjawisk fizycznych oraz w obliczeniach • stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych, zapisuje ją, uwzględniając w szczególnych przypadkach znaki ciepła i pracy (Q i W), zgodnie z przyjętą konwencją posługuje się pojęciem <i>ciepła molowego gazu</i> wraz z jednostką; rozróżnia ciepło molowe przy stałym ciśnieniu i ciepło molowe w stałej objętości, uzasadnia, że dla danego gazu $C_p > C_v$ • oblicza zmiany energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej • oblicza pracę jako pole pod wykresem $p(V)$ przedstawiającym przemianę izobaryczną; wykazuje, że w przemianie izochorycznej praca jest równa zero • oblicza ciepło pobrane i ciepło oddane przez gaz na podstawie wykresu przemiany tego gazu i pierwszej zasady termodynamiki • analizuje przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w silnikach cieplnych • wyjaśnia na wybranym przykładzie, co to jest cykl termodynamiczny 	<ul style="list-style-type: none"> • analizuje i opisuje wykresy przemian gazu doskonałego: izotermicznej, izobarycznej i izochorycznej, w układzie (V, p), przedstawia te przemiany na wykresach zależności $p(V)$, $p(T)$ i $V(T)$ • wykazuje (wyprowadza) i interpretuje oraz stosuje w obliczeniach związek między ciepłem molowym przy stałym ciśnieniu a ciepłem molowym w stałej objętości dla gazu doskonałego; podaje związek między C_v a stałą R dla gazów jedno- i dwuatomowych • uzasadnia, że dla przemiany izobarycznej zachodzi zależność $W = p\Delta V$ • wyjaśnia możliwość wyznaczenia pracy w przemianach izotermicznej i adiabatycznej metodą graficzną • interpretuje wykresy przemian gazowych z uwzględnieniem kolejności przemian; wykazuje, że praca zależy, a zmiana energii wewnętrznej nie zależy od kolejności przemian • wykazuje, że w cyklu termodynamicznym uzyskana praca jest równa polu wewnątrz figury ograniczonej przez wykresy przemian $p(V)$; analizuje przedstawione cykle termodynamiczne • wyjaśnia zasadę działania wybranych pomp cieplnych, posługując się informacjami pochodzącymi z analizy 	<ul style="list-style-type: none"> – dotyczące przemian gazu, wykorzystując równanie Clapeyrona – dotyczące przemian gazu doskonałego – związane ze zmianami energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej – związane z obliczaniem pracy i zmiany energii wewnętrznej w przemianach gazowych oraz ^Dwyznacza graficznie pracę w przemianie izotermicznej – związane z analizą cykli termodynamicznych i obliczaniem sprawności silników cieplnych – dotyczące pomp cieplnych – ^Ddotyczące silników spalinowych – związane z drugą zasadą termodynamiki oraz sporządza wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru; udowadnia podane zależności • realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami rozdziału <i>Termodynamika</i>
--	---	---	---

<p>– związane z obliczaniem pracy i zmiany energii wewnętrznej w przemianach gazowych</p> <p>– związane z analizą cykli termodynamicznych i obliczaniem sprawności silników cieplnych</p> <p>– dotyczące pomp cieplnych, w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza wielokrotności i podwielokrotności, przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych</p>	<ul style="list-style-type: none"> • posługuje się pojęciem <i>sprawności silnika cieplnego</i>, oblicza i porównuje sprawność silników cieplnych, krytycznie ocenia obliczoną sprawność i wskazuje przyczyny strat energii • wyjaśnia na przykładzie lodówki, że pompa ciepła działa odwrotnie niż silnik cieplny; opisuje schemat pompy cieplnej • opisuje i analizuje przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w pompach cieplnych • ^Dpodaje wzór na maksymalną sprawność silnika cieplnego oraz czynniki, od jakich ona zależy; ^Doblicza maksymalną sprawność silnika cieplnego • podaje drugą zasadę termodynamiki w kontekście kierunku przekazu energii w postaci ciepła i w kontekście silników cieplnych • interpretuje drugą zasadę termodynamiki • przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów – bada przemiany izotermiczną i izobaryczną, przedstawia, opracowuje i analizuje wyniki, sporządza oraz interpretuje wykresy odpowiednio $p(V)$ i $V(T)$, formułuje wnioski • rozwiązuje typowe zadania lub problemy: <ul style="list-style-type: none"> – dotyczące przemian gazu – dotyczące przemian gazu doskonałego – związane ze zmianami energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej 	<p>materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, lub zaczerpniętych z internetu</p> <ul style="list-style-type: none"> • ^Dposługuje się pojęciem <i>współczynnika efektywności pompy cieplnej</i> • ^Danalizuje i interpretuje wzór na maksymalną sprawność silnika cieplnego, formułuje i uzasadnia wnioski • ^Dopisuje działanie silników spalinowych: czterosuwowego benzynowego oraz Diesla, wskazuje skutki ich użytkowania dla środowiska; wyjaśnia i porównuje wykresy cyklu Otta i cyklu Diesla • uzasadnia równoważność sformułowania drugiej zasady termodynamiki w kontekście kierunku przekazu energii w postaci ciepła i w kontekście silników cieplnych • wykazuje statystyczny charakter drugiej zasady termodynamiki, odwołując się do modelu rozprężania gazu • planuje i modyfikuje przebieg badania przemian gazu, izotermicznej i izobarycznej • rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy: <ul style="list-style-type: none"> – dotyczące przemian gazu, wykorzystując równanie Clapeyrona 	
--	---	---	--

	<ul style="list-style-type: none"> – związane z obliczaniem pracy i zmiany energii wewnętrznej w przemianach gazowych – związane z analizą cykli termodynamicznych i obliczaniem sprawności silników cieplnych – dotyczące pomp cieplnych – ^Ddotyczące silników spalinowych; analizuje wykresy cykli pracy silników spalinowych w układzie (V, p), a na tej podstawie wyznacza ciepło pobrane, ciepło oddane, wykonaną pracę i sprawność cyklu – związane z drugą zasadą termodynamiki, w szczególności: posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi, kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych oraz kalkulatorem, wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik, analizuje i interpretuje wykresy • posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, lub zaczerpniętych z internetu, dotyczącymi w szczególności silników cieplnych • analizuje tekst <i>Fizyka nie tylko na lekcjach</i>, wyodrębnia informacje kluczowe, posługuje się nimi i wykorzystuje do rozwiązywania zadań • dokonuje syntezy wiedzy z termodynamiki; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności 	<ul style="list-style-type: none"> – dotyczące przemian gazu doskonałego – związane ze zmianami energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej – związane z obliczaniem pracy i zmiany energii wewnętrznej w przemianach gazowych – związane z analizą cykli termodynamicznych i obliczaniem sprawności silników cieplnych – dotyczące pomp cieplnych – ^Ddotyczące silników spalinowych – związane z drugą zasadą termodynamiki oraz sporządza wykresy z uwzględnieniem niepewności pomiaru; udowadnia podane zależności • samodzielnie wyszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe, dotyczące treści rozdziału <i>Termodynamika</i>, posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów i wykorzystuje je do rozwiązywania zadań lub problemów 	
--	---	---	--

Pole elektrostatyczne

Uczeń:

- opisuje jakościowo oddziaływanie ładunków elektrycznych i wskazuje jego przykłady w otaczającej rzeczywistości; posługuje się pojęciem *ładunku elektrycznego* jako wielokrotności ładunku elementarnego, wraz z jego jednostką
- opisuje sposoby elektryzowania ciał przez: potarcie, dotyk i indukcję
- odróżnia przewodniki od izolatorów
- posługuje się pojęciem *pola elektrycznego* do opisu oddziaływania elektrycznego; rozróżnia źródło pola i ładunek próbny
- ilustruje graficznie pole elektryczne za pomocą linii pola; rozróżnia pole centralne i pole jednorodne
- opisuje pole elektryczne wokół dwóch ładunków punktowych
- porównuje pole na zewnątrz jednorodnie naładowanego ciała sferycznie symetrycznego z polem wytwarzanym przez taki sam ładunek punktowy zgromadzony wewnątrz niego
- porównuje elektryczną energię potencjalną z energią potencjalną grawitacji w przypadku pola jednorodnego i pola centralnego
- wyjaśnia działanie piorunochronu
- opisuje kondensator jako układ dwóch przeciwnie naładowanych

Uczeń:

- posługuje się zasadą zachowania ładunku elektrycznego i stosuje ją do wyjaśniania zjawisk
- wyjaśnia mechanizm elektryzowania na podstawie wiadomości o mikroskopowej budowie materii
- podaje i interpretuje prawo Coulomba, posługuje się pojęciem *stałej elektrycznej* wraz z jej jednostką; oblicza wartość siły wzajemnego oddziaływania ładunków elektrycznych, stosując prawo Coulomba; stosuje to prawo do obliczeń i wyjaśniania zjawisk
- wyjaśnia oddziaływanie ciała naelektryzowanego na skrawki folii aluminiowej
- opisuje zależność siły elektrycznej od rodzaju ośrodka; posługuje się pojęciem *przenikalności elektrycznej*: próżni, ośrodka i względnej
- porównuje siłę elektryczną z siłą grawitacji, wskazuje podobieństwa i różnice
- posługuje się wektorem natężenia pola elektrycznego wraz z jego jednostką, określa kierunek i zwrot tego wektora i oblicza jego wartość; oblicza wartość natężenia pola wytworzonego przez pojedynczy ładunek w odległości r od niego
- zaznacza wektor natężenia pola; opisuje pole centralne i pole jednorodne; interpretuje zagęszczenie linii jako miarę natężenia pola

Uczeń:

- ^Dwyjaśnia, co to są kwarki i czym się charakteryzują, wskazuje przykłady cząstek zbudowanych z kwarków
- opisuje na przykładach praktyczne wykorzystanie oddziaływań elektrycznych
- opisuje polaryzację cząsteczki izolatora (dielektryka) i na tej podstawie wyjaśnia oddziaływanie ciała naelektryzowanego na skrawki papieru
- wykazuje, że zmiany pola elektrycznego rozchodzą się z prędkością światła
- wyjaśnia wyniki obserwacji układu linii pola elektrycznego wokół przewodnika
- analizuje natężenie pola wytwarzanego przez kilka ładunków, wyznacza wektor natężenia pola we wskazanych punktach
- analizuje pracę podczas przemieszczania ładunku w polu elektrycznym jako zmianę jego energii potencjalnej
- uzasadnia, że niezależnie od znaku źródła centralnego pola elektrycznego wzór na energię potencjalną ładunku ma taką samą postać; opisuje i interpretuje zależność energii

Uczeń:

- rozwiązuje nietypowe, złożone zadania lub problemy:
 - dotyczące ładunków elektrycznych i ich oddziaływania
 - wykorzystując prawo Coulomba
 - dotyczące pola elektrycznego
 - związane z opisem pola elektrycznego wielu źródeł
 - związane z energią potencjalną ładunku w polu elektrycznym i potencjałem elektrycznym
 - związane z rozkładem ładunków w przewodnikach
 - dotyczące ruchu cząstek naładowanych w polu elektrycznym
 - dotyczące kondensatorów oraz wykazuje i/lub ilustruje graficznie podane zależności; formułuje i weryfikuje hipotezy
- planuje, realizuje i prezentuje własny projekt związany z treściami działu *Pole elektryczne*; formułuje i weryfikuje hipotezy

<p>przewodników, pomiędzy którymi istnieje napięcie elektryczne, oraz jako urządzenie magazynujące energię elektryczną</p> <ul style="list-style-type: none"> • opisuje jakościowo pole elektryczne wewnątrz kondensatora płaskiego • przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: <ul style="list-style-type: none"> – demonstruje oddziaływanie ciał naelektryzowanych i elektryzowanie ciał – bada oddziaływanie ciała naelektryzowanego z ciałem elektrycznie obojętnym; • opisuje wyniki obserwacji i formułuje wnioski • rozwiązuje proste zadania lub problemy: <ul style="list-style-type: none"> – dotyczące ładunków elektrycznych i ich oddziaływania – z wykorzystaniem prawa Coulomba – dotyczące pola elektrycznego – związane z opisem pola elektrycznego pochodzącego z wielu źródeł – związane z energią potencjalną ładunku w polu elektrycznym i potencjałem elektrycznym – związane z rozkładem ładunków w przewodnikach – dotyczące ruchu cząstek naładowanych w polu elektrycznym – dotyczące kondensatorów, w szczególności: wyodrębnia z tekstów i ilustracji informacje kluczowe dla 	<ul style="list-style-type: none"> • analizuje i wyznacza natężenie pola wytwarzanego przez układ dwóch ładunków punktowych; oblicza jego wartość • opisuje i ilustruje graficznie pole na zewnątrz sferycznie symetrycznego układu ładunków • posługuje się pojęciem <i>energii potencjalnej ładunku</i> w polu elektrycznym • opisuje i oblicza zmianę energii potencjalnej ładunku podczas jego przemieszczania się w polu centralnym i polu jednorodnym • posługuje się pojęciami <i>potencjału pola</i> i <i>napięcia elektrycznego</i> wraz z ich jednostkami; oblicza potencjał w polu jednorodnym i polu centralnym • interpretuje i stosuje do obliczeń wzór na natężenie pola jednorodnego; wykazuje równość jednostek 1 V/m i 1 N/C • opisuje jakościowo rozkład ładunków w przewodnikach, zerowe natężenie pola elektrycznego wewnątrz przewodnika (klatka Faradaya) oraz duże natężenie pola wokół ostrzy na powierzchni przewodnika • analizuje i opisuje ruch cząstek naładowanych w stałym jednorodnym polu elektrycznym w przypadku ruchu zgodnie z kierunkiem linii pola oraz wtedy, gdy cząstka ma prędkość początkową prostopadłą do linii pola; opisuje siły działające na cząstki w polu elektrycznym, ilustruje to na schematycznych rysunkach • porównuje ruch cząstek naładowanych w jednorodnym polu elektrycznym z ruchem ciał pod wpływem siły grawitacji – rzutem 	<p>potencjalnej od odległości od źródła pola</p> <ul style="list-style-type: none"> • wyprowadza wzór na natężenie pola jednorodnego • wyjaśnia wyniki obserwacji: rozkładu ładunku w naładowanym przewodniku, działania metalowego ostrza, układu linii wokół przewodnika w przypadku ekranowania pola • wykazuje, że natężenie pola przy powierzchni naładowanej metalowej kuli jest odwrotnie proporcjonalne do jej promienia • wyjaśnia mechanizm powstawania burz; opisuje zjawisko ekranowania zewnętrznego pola elektrycznego przez swobodne ładunki w przewodniku • ^Danalizuje i opisuje ruch cząstek naładowanych w stałym jednorodnym polu elektrycznym w przypadku, gdy cząstka ma prędkość początkową skierowaną pod kątem do linii pola; porównuje ten ruch z ruchem ciał pod wpływem siły grawitacji (z rzutem ukośnym) • wyjaśnia wyniki obserwacji przekazu energii podczas rozładowania kondensatora (np. lampa błyskowa, przeskok iskry) • planuje i modyfikuje przebieg doświadczeń (formułuje hipotezy i prezentuje kroki niezbędne do ich weryfikacji): 	
--	---	--	--

<p>opisywanego zjawiska bądź problemu, przedstawia je w różnych postaciach, przelicza jednostki, wykonuje obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania, z zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności danych; czytelnie przedstawia odpowiedzi i rozwiązania</p>	<p> pionowym i rzutem poziomym; opisuje podobieństwa i różnice</p> <ul style="list-style-type: none"> • opisuje ilościowo pole elektryczne wewnątrz kondensatora płaskiego; oblicza natężenie pola między jego okładkami • przeprowadza doświadczenia, korzystając z ich opisów: <ul style="list-style-type: none"> – ilustruje pole elektryczne oraz układ linii pola wokół przewodnika – bada: rozkład ładunku w naładowanym przewodniku, działanie metalowego ostrza, układ linii wokół przewodnika w przypadku ekranowania pola – demonstruje przekaz energii podczas rozładowania kondensatora (np. lampa błyskowa, przeskok iskry) <p>przedstawia na schematycznych rysunkach i opisuje wyniki obserwacji, formułuje wnioski</p> <ul style="list-style-type: none"> • rozwiązuje typowe zadania lub problemy: <ul style="list-style-type: none"> – dotyczące ładunków elektrycznych i ich oddziaływania – z wykorzystaniem prawa Coulomba – dotyczące pola elektrycznego – związane z opisem pola elektrycznego wielu źródeł – związane z energią potencjalną ładunku w polu elektrycznym i potencjałem elektrycznym – związane z rozkładem ładunków w przewodnikach – dotyczące ruchu cząstek naładowanych w polu elektrycznym – dotyczące kondensatorów, 	<ul style="list-style-type: none"> – demonstracji oddziaływania ciał naelektryzowanych i elektryzowania ciał – badania: rozkładu ładunku w naładowanym przewodniku, działania metalowego ostrza, układu linii wokół przewodnika w przypadku ekranowania pola – demonstracji przekazu energii podczas rozładowania kondensatora (np. lampa błyskowa, przeskok iskry) • rozwiązuje złożone (typowe) zadania lub problemy: <ul style="list-style-type: none"> – dotyczące ładunków elektrycznych i ich oddziaływania oraz pola elektrycznego – z wykorzystaniem prawa Coulomba – związane z opisem pola elektrycznego wielu źródeł – związane z energią potencjalną ładunku w polu elektrycznym i potencjałem elektrycznym – związane z rozkładem ładunków w przewodnikach – dotyczące ruchu cząstek naładowanych w polu elektrycznym – dotyczące kondensatorów oraz ilustruje zjawisko lub problem graficznie; uzasadnia odpowiedzi i rozwiązania • poszukuje i analizuje materiały źródłowe, w tym teksty popularnonaukowe dotyczące treści 	
--	--	--	--

	<p>w szczególności: ilustruje zjawisko lub problem na schematycznym rysunku; posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych; wykonuje obliczenia szacunkowe i analizuje otrzymany wynik; wykonuje obliczenia, posługując się kalkulatorem; uzasadnia odpowiedzi, ocenia podane stwierdzenia; interpretuje zależności</p> <ul style="list-style-type: none"> • posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy przedstawionych materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych, dotyczących treści działu <i>Pole elektryczne</i> • dokonuje syntezy wiedzy z działu <i>Pole elektryczne</i>; przedstawia najważniejsze pojęcia, zasady i zależności 	<p>tego działu, w szczególności dotyczące:</p> <ul style="list-style-type: none"> – oddziaływań elektrycznych – praktycznego wykorzystania rozkładu ładunków w przewodnikach (np. generator Van de Graaffa) oraz ruchu cząstek naładowanych w polu elektrycznym (np. akceleratory); <p>posługuje się informacjami pochodzącymi z analizy tych materiałów</p> <p>realizuje i prezentuje opisany w podręczniku projekt <i>Generator Kelvina</i>, w szczególności wykonuje i demonstruje model generatora Kelvina</p>	
--	---	--	--