

**WYMAGANIA EDUKACYJNE Z FIZYKI NIEZBĘDNE DO UZYSKANIA PRZEZ UCZNIA**

*(przedmiot)*

**POSZCZEGÓLNYCH ŚRÓDROCZNYCH I ROCZNYCH OCEN KLASYFIKACYJNYCH WYNIKAJĄCYCH Z REALIZOWANEGO PROGRAMU NAUCZANIA *M. Fijałkowska, B. Saganowska, J. Salach „Fizyka w liceum i technikum – zakres rozszerzony”. WSiP* (LICEUM 4-LETNIE)**

**ZAKRES ROZSZERZONY**

|  |
| --- |
| **Szczegółowe wymagania edukacyjne dla klasy 2A, 2F, 2G, 2H** |
| Uczeń spełnia wszystkie wymagania edukacyjne dla poziomu podstawowego, a ponadto wymagania wyszczególnione poniżej. Ocenę **niedostateczną** otrzymuje uczeń, który nie spełnia wymagań edukacyjnych niezbędnych do uzyskania oceny dopuszczającej. |
| Wymagania edukacyjne niezbędne do uzyskania **oceny dopuszczającej** | Wymagania edukacyjne niezbędne do uzyskania **oceny dostatecznej** | Wymagania edukacyjne niezbędne do uzyskania **oceny dobrej** | Wymagania edukacyjne niezbędne do uzyskania **oceny bardzo dobrej** | Wymagania edukacyjne niezbędne do uzyskania **oceny celującej** |
| **RUCH POSTĘPOWY I RUCH OBROTOWY BRYŁY SZTYWNEJ** |
| * zdefiniować i zapisać wzorem iloczyn wektorowy dwóch wektorów,
* podać wzór na wartość iloczynu wektorowego wektorów prostopadłych
* 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 wprawienia bryły w ruch obrotowy,
* na podstawie wzoru obliczyć wartość momentu siły
* wymienić przykłady maszyn prostych i opisać zasadę działania jednej z nich
* aktywnie uczestniczyć przy wykonywaniu pomiarów w doświadczalnym badaniu zależności wartości przyspieszenia kątowego 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
* opisać toczenie bryły jako złożenie ruchu postępowego względem podłoża i ruchu obrotowego wokół osi symetrii
 | * podać kierunek, zwrot i wartość wektora, który stanowi wynik mnożenia wektorowego
* posługiwać się pojęciami: szybkość kątowa średnia i chwilowa, prędkość kątowa średnia i chwilowa, przyspieszenie kątowe średnie i chwilowe
* 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
 | * wyjaśnić, co to znaczy, że iloczyn wektorowy jest nieprzemienny
* 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 $\vec{M}=\frac{∆\vec{L}}{∆t}$ 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 rozwiazywania typowych zadań
* obliczyć wypadkową prędkość punktów leżących na pionowej średnicy bryły toczącej się bez poślizgu,
* zapisać równania ruchu postępowego i obrotowego toczącej się bryły
 | * pomnożyć wektorowo dwa wektory o dowolnych kierunkach i zwrotach
* 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 $\vec{M}=\frac{∆\vec{L}}{∆t}$
* 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
* opisać staczanie się bryły po równi pochyłej jako ruch obrotowy wokół chwilowej osi obrotu,
 | * rozwiązywać nietypowe zadania rachunkowe i problemowe
* wyjaśnić, dlaczego podczas toczenia bez poślizgu energia mechaniczna bryły jest zachowana
 |
| **POLE GRAWITACYJNE** |
| * przedstawić podstawowe założenia heliocentrycznej teorii budowy Układu Słonecznego
* zapisać wzorem i wypowiedzieć prawo powszechnej grawitacji,
* wymienić ciała, dla których można je stosować w zapisanej postaci
* zdefiniować pierwszą prędkość kosmiczną i podać jej wartość dla Ziemi
* przypomnieć poznane wcześniej pola sił i podać przykłady doświadczeń, w których możemy wykryć ich istnienie,
* zilustrować graficznie pole grawitacyjne centralne i jednorodne,
* odpowiedzieć na pytanie: *Od czego zależy natężenie pola grawitacyjnego wytworzonego przez Ziemię?*
* objaśnić znaczenie wielkości fizycznych występujących we wzorze na pracę siły zewnętrznej, równoważącej siłę grawitacji, przy przemieszczaniu ciała w centralnym polu grawitacyjnym i wywnioskować, że nie zależy ona od kształtu toru, po którym porusza się ciało
* na przykładzie Ziemi i leżącego na niej ciała opisać zmiany energii potencjalnej tego ciała przy jego oddalaniu się do nieskończoności
* sformułować pytanie, jakie stawiamy przed przystąpieniem do obliczenia drugiej prędkości kosmicznej
* podać przykłady ciała w stanie przeciążenia, niedociążenia i nieważkości
 | * sformułować i objaśnić prawa Keplera
* objaśnić praktyczne znaczenie bardzo małej wartości stałej grawitacji
* wyjaśnić, dlaczego satelity Ziemi krążą wokół niej z prędkością o nieco mniejszej wartości,
* objaśnić pojęcie „satelita geostacjonarny”
* wyjaśnić, co nazywamy źródłem pola, a co ciałem próbnym i jakiego ciała próbnego używamy do wykrycia pola grawitacyjnego,
* podać definicję natężenia pola grawitacyjnego
* przy założeniu, że pole grawitacyjne w pobliżu Ziemi jest jednorodne, obliczyć pracę stałej siły równoważącej siłę grawitacji podczas podnoszenia ciała na wysokość *h* po kilku różnych drogach oraz sformułować wniosek
* uzasadnić stwierdzenie, że energia potencjalna ciała zmienia się wraz ze zmianą odległości ciała od źródła pola i przyjmuje wartości ujemne,
* sporządzić wykres zależności energii potencjalnej ciała w polu centralnym od odległości od źródła pola, którym jest jednorodna kula o promieniu *R*
* podać wartość drugiej prędkości kosmicznej dla Ziemi
* opisać wpływ przeciążenia na organizm człowieka
 | * wykazać, że drugie prawo Keplera jest konsekwencją zasady zachowania momentu pędu planet obiegających Słońce,
* korzystać z trzeciego prawa Keplera do rozwiązywania zadań
* wykazać, że siła grawitacji działająca na ciało o masie *m* umieszczone na planecie jest wprost proporcjonalna do promienia i gęstości tej planety
* wyprowadzić wzór na wartość pierwszej prędkości kosmicznej,
* obliczyć promień orbity geostacjonarnej i szybkość satelity na tej orbicie
* określić kierunek i zwrot natężenia pola grawitacyjnego w danym punkcie,
* z definicji natężenia pola i prawa powszechnej grawitacji wywnioskować, od czego zależy natężenie w danym punkcie centralnego pola grawitacyjnego,
* sporządzić wykres zależności natężenia pola od odległości od punktu materialnego i kuli dla $r\geq R$
* wyjaśnić, co to znaczy, że siła jest zachowawcza oraz że pole grawitacyjne jest polem zachowawczym,
* podać przykład ciała zmieniającego położenie w polu grawitacyjnym, choć nie działa na nie siła zewnętrzna
* zapisać wzór na zmianę energii potencjalnej ciała przy zmianie jego położenia w centralnym polu grawitacyjnym,
* przeprowadzić rozumowanie prowadzące do otrzymania wyrażenia na energię potencjalną ciała w danym punkcie pola
* zapisać i objaśnić wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej
* objaśnić, co oznaczają stwierdzenia, że ciało jest w stanach przeciążenia, niedociążenia i nieważkości
 | * przygotować prezentację na temat roli odkryć Kopernika i Keplera dla rozwoju fizyki i astronomii
* przedstawić rozumowanie prowadzące od trzeciego prawa Keplera do prawa powszechnej grawitacji Newtona
* przygotować prezentację na temat sposobów wykorzystania satelitów geostacjonarnych
* stosować zasadę superpozycji natężeń,
* obliczyć wartość siły grawitacji wewnątrz Ziemi,
* wyjaśnić różnicę między natężeniem pola grawitacyjnego a przyspieszeniem ziemskim w danym punkcie,
* sporządzić wykres zależności natężenia pola od odległości od środka kuli
* przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wzoru na pracę w centralnym polu grawitacyjnym
* uzasadnić stwierdzenie, że w polu zachowawczym zmiana energii potencjalnej ciała przy zmianie jego położenia jest jednoznacznie określona,
* podać przykład pola niezachowawczego, w którym to stwierdzenie nie jest prawdziwe
* zdefiniować potencjał i podać jego jednostkę,
* odpowiedzieć na pytanie: *Od czego zależy potencjał pola centralnego?*,
* narysować wykres *V*(*r*) dla jednorodnego i dla centralnego pola grawitacyjnego,
* zapisać wzór na pracę w polu grawitacyjnym za pomocą potencjałów
* przeprowadzić rozumowanie prowadzące do otrzymania wzoru na drugą prędkość kosmiczną
* podać warunki, w których występuje stan nieważkości,
 | * rozwiązywać nietypowe zadania rachunkowe i problemowe
* wyjaśnić zasadę równoważności (możliwość wytwarzania sztucznej grawitacji)
 |
| **ELEMENTY ASTRONOMII** |
| * wymienić ciała niebieskie wchodzące w skład Układu Słonecznego
* zdefiniować jednostkę astronomiczną i rok świetlny
* przeprowadzić obserwację Drogi Mlecznej
* podać przybliżony wiek Wszechświata,
* wyjaśnić termin „ucieczka galaktyk”
 | * podać główne właściwości Słońca i planet Układu Słonecznego
* opisać metodę pomiaru kąta paralaksy heliocentrycznej
* podać najważniejsze informacje na temat naszej Galaktyki i innych obiektów we Wszechświecie
* podać treść prawa Hubble’a,
* zapisać wzorem prawo Hubble’a i objaśnić występujące w nim wielkości fizyczne
 | * szczegółowo opisać właściwości Słońca, planet i ich księżyców oraz pozostałych ciał niebieskich wchodzących w skład Układu Słonecznego
* zdefiniować parsek,
* odszukać informacje o szybkościach sond kosmicznych i obliczać przybliżone czasy dotarcia sondy do planety
* obliczyć czas, w którym Słońce wykonuje jeden pełny obieg wokół centrum naszej Galaktyki
* obliczyć wiek Wszechświata,
* opisać ewolucję Wszechświata,
* wyjaśnić rozszerzanie się Wszechświata na modelu balonika
 | * przygotować prezentację na temat najnowszych odkryć dotyczących Układu Słonecznego
* zamieniać jednostki odległości używane w astronomii,
* wyjaśnić sposób pomiaru odległości do gwiazd i wykonać przykładowe obliczenia
* przygotować prezentację na temat czarnych dziur
* wymienić i objaśnić główne fakty obserwacyjne uzasadniające słuszność teorii Wielkiego Wybuchu,
 | * rozwiązywać nietypowe zadania rachunkowe i problemowe
* wyjaśnić rozszerzanie się Wszechświata jako rozszerzanie się przestrzeni
 |
| **RUCH DRGAJĄCY HARMONICZNY** |
| * podać przykłady występowania w przyrodzie zjawisk sprężystych i sił sprężystości
* wymienić i opisać cechy ruchu drgającego harmonicznego,
* zademonstrować proporcjonalność wydłużenia sprężyny do wartości siły zewnętrznej działającej na sprężynę
* opisać model, którym posługujemy się do matematycznego opisu ruchu harmonicznego,
* zapisać wzór na okres drgań harmonicznych i przekształcać go w celu obliczenia każdej z występujących w nim wielkości,
* aktywnie uczestniczyć w wykonywaniu pomiarów w doświadczalnym badaniu zależności okresu drgań wiszącego na sprężynie ciężarka od jego masy oraz od współczynnika sprężystości sprężyny
* zapisać i objaśnić wzór na energię potencjalną sprężystości i na energię całkowitą ciała wykonującego ruch harmoniczny,
* omówić zmiany energii potencjalnej sprężystości i energii kinetycznej ciała wykonującego ruch harmoniczny
* opisać cechy modelu, jakim jest wahadło matematyczne
* zademonstrować zjawisko rezonansu mechanicznego
 | * rozróżnić zjawiska sprężyste i plastyczne
* wymienić i zdefiniować wielkości opisujące ruch drgający harmoniczny,
* zapisać i objaśnić związek siły sprężystości z wychyleniem ciała z położenia równowagi
* obliczyć współrzędne położenia, prędkości, przyspieszenia i siły w ruchu wzdłuż osi *x* zwróconej pionowo w górę,
* sporządzić i zinterpretować wykresy zależności *x*(*t*), *x*(*t*) i *ax*(*t*)
* na podstawie wykresu *Fx*(*x*) wyprowadzić wzór na energię potencjalną sprężystości
* zapisać i objaśnić wzór na okres drgań wahadła matematycznego,
* zademonstrować niezależność okresu drgań wahadła od amplitudy drgań
 | * podać przyczyny występowania zjawisk sprężystych
* podać sens fizyczny współczynnika sprężystości sprężyny,
* wykazać doświadczalnie, że wydłużenie sprężyny jest wprost proporcjonalne do wartości siły zewnętrznej działającej na sprężynę
* zapisać i objaśnić wzory na współrzędne *x*, *x*, *ax* i *Fx* w przypadkach, w których mierzenie czasu rozpoczynamy przy przechodzeniu ciała przez położenie równowagi oraz w chwili maksymalnego wychylenia,
* zbadać doświadczalnie zależność okresu drgań wiszącego na sprężynie ciężarka od jego masy oraz od współczynnika sprężystości sprężyny
* wyprowadzić wzór na całkowitą energię ciała wykonującego ruch harmoniczny i wypowiedzieć zasadę zachowania energii mechanicznej w tym ruchu
* wykazać, że dla małych kątów wychylenia ruch wahadła jest ruchem harmonicznym,
* wyjaśnić, na czym polega izochronizm wahadła,
* wyznaczyć wartość przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego
* wyjaśnić znaczenie pojęć: drgania swobodne i częstotliwość drgań własnych
 | * objaśnić przemiany energii podczas odkształceń sprężystych
* na przykładzie klocka zaczepionego do sprężyny i wykonującego drgania na poziomej powierzchni opisać rodzaje ruchów składających się na ruch harmoniczny
* na podstawie obserwacji i obliczeń sformułować wniosek dotyczący ruchu rzutu na oś *x* punktu poruszającego się po okręgu,
* obliczać współrzędne *x*, *x*, *ax* i *Fx* przy dowolnej fazie początkowej,
* wyprowadzić wzór na okres drgań w ruchu harmonicznym
* sporządzać wykresy zależności *E*p(*x*), *E*k(*x*) oraz *E*p(*t*) i *E*k(*t*),
* rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności
* wyprowadzić wzór na okres drgań wahadła matematycznego,
* samodzielnie opracować sposób sprawdzenia zależności okresu drgań wahadła od jego długości i wykonać doświadczenie
 | * rozwiązywać nietypowe zadania rachunkowe i problemowe
 |
| * wyjaśnić, kiedy występuje i na czym polega zjawisko rezonansu
 | * wyjaśnić pojęcie „częstotliwość rezonansowa”
 |  |
| **ZJAWISKA TERMODYNAMICZNE** |
| * wymienić różnice w budowie i właściwościach ciał w różnych stanach skupienia
* wymienić wielkości fizyczne, od których zależy ciśnienie gazu w zamkniętym naczyniu
* objaśnić związek temperatury w skali Celsjusza i Kelvina,
* zapisać i objaśnić równanie stanu gazu doskonałego
* wymienić trzy szczególne przemiany gazu doskonałego i wskazać wielkość stałą w każdej przemianie
* wymienić rodzaje energii cząsteczek gazu,
* wyjaśnić pojęcie „energia wewnętrzna ciała”
* wymienić sposoby dokonywania zmiany energii wewnętrznej ciała i podać przykłady takich zmian z codziennego życia
* opisać przemianę adiabatyczną gazu
* wyjaśnić różnicę między ciepłem właściwym i ciepłem molowym
* stwierdzić, że zamiana części dostarczonego ciepła na pracę jest podstawą działania silnika cieplnego,
* opisać kolejne fazy pracy silnika spalinowego czterosuwowego
* podać przykład wzrastającego nieuporządkowania układu i nazwać go wzrostem entropii
* podać fazy, w których może występować ta sama substancja,
* opisać zjawiska topnienia i parowania
* wyjaśnić pojęcia: para nienasycona i para nasycona
* odpowiedzieć na pytanie: *Co nazywamy bezwzględnym, a co względnym przyrostem objętości?*,
* podać sens fizyczny współczynnika rozszerzalności objętościowej i liniowej,
* podać przykład sytuacji z codziennego życia, w której musimy uwzględnić zjawisko rozszerzalności temperaturowej ciał
 | * wyjaśnić, co rozumiemy pod pojęciem „stan równowagi termodynamicznej”
* wymienić warunki, jakie powinien spełniać gaz doskonały
* uzasadnić stwierdzenie, że równość temperatur dwóch gazów oznacza równość średnich energii ruchu postępowego cząsteczek obu gazów,
* zapisać związek temperatury gazu w skali Kelvina ze średnią energią kinetyczną ruchu postępowego cząsteczek tego gazu,
* zapisać i objaśnić równanie Clapeyrona
* wypowiedzieć, zapisać wzorem i objaśnić prawo Boyle’a, Charles’a
* i Gay-Lussaca
* uzasadnić fakt, że cząsteczki gazu doskonałego mają tylko energię kinetyczną wszystkich rodzajów ruchu
* wyjaśnić, co rozumiemy przez dostarczanie ciału ciepła,
* wypowiedzieć i zapisać wzorem pierwszą zasadę termodynamiki oraz przedyskutować znaki *Q* i *W* w różnych procesach
* zapisać pierwszą zasadę termodynamiki dla przemian: izotermicznej, izochorycznej i adiabatycznej oraz przedyskutować znaki wielkości fizycznych dla różnych przypadków
* zapisać wzory na ciepło wymienione z otoczeniem za pomocą wielkości fizycznych: ciepło właściwe i ciepło molowe
* zapisać wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu w przemianie izochorycznej i stwierdzić, że wzór ten stosuje się w dowolnej przemianie
* podać przykład sytuacji, w której dostarczenie ciepła skutkuje jednorazowym wykonaniem pracy,
* wyjaśnić ideę Carnota i zdefiniować sprawność silnika,
* opisać zasadę działania chłodziarek i pomp cieplnych
* wyjaśnić znaczenie Słońca jako źródła energii, której dostarczenie do układu powoduje zmniejszenie jego entropii
* podać definicję ciepła topnienia i ciepła parowania,
* wyjaśnić, dlaczego temperatura wrzenia cieczy zależy od ciśnienia zewnętrznego,
* zademonstrować stałość temperatury podczas przemiany fazowej
* wytłumaczyć, co to znaczy, że para jest w równowadze z cieczą, z której powstała,
* podać sposób zwiększenia ciśnienia pary nasyconej
* zapisać wzór definicyjny współczynnika rozszerzalności objętościowej,
* odpowiedzieć na pytanie, od czego zależy, współczynnik rozszerzalności objętościowej,
* zademonstrować rozszerzalność temperaturową wybranych ciał stałych
 | * wymienić wielkości, których będziemy używać w termodynamice, i przypisać każdej odpowiedni symbol,
* badać proces wyrównywania temperatury ciał i posługiwać się bilansem cieplnym
* zapisać podstawowy wzór teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego i objaśnić występujące w nim wielkości
* przekształcić wzór podstawowy teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego do postaci równania stanu gazu doskonałego
* wyjaśnić, co to znaczy, że proces jest kwazistatyczny,
* sporządzać wykresy zależności *p*(*V*) przy stałej temperaturze gazu, *p*(*T*) przy stałej objętości gazu i *V*(*T*) przy stałym ciśnieniu
* wyjaśnić pojęcie „stopień swobody”,
* wytłumaczyć zasadę ekwipartycji energii i zapisać wzór na całkowitą energię kinetyczną cząsteczki, która ma *i* stopni swobody,
* skorzystać z zasady ekwipartycji energii i zapisać oraz skomentować wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu doskonałego o stałej masie
* obliczyć pracę objętościową wykonaną przez siłę zewnętrzną przy zmniejszaniu objętości gazu,
* przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że zarówno wykonana praca, jak i wymienione ciepło są funkcją procesu
* zapisać pierwszą zasadę termodynamiki dla przemiany izobarycznej i przedyskutować znaki *W* i *Q* dla różnych przypadków
* zapisać i skomentować związek między ciepłem molowym gazu w stałej objętości i ciepłem molowym gazu pod stałym ciśnieniem
* wyjaśnić, co to znaczy, że energia wewnętrzna jest funkcją stanu i wywnioskować na tej podstawie, że zmiana energii wewnętrznej w dowolnej przemianie gazu doskonałego zachodzącej między stanami A i B jest równa zmianie energii wewnętrznej dla przemiany izochorycznej zachodzącej między tymi stanami
* opisać i objaśnić cykl Carnota i działanie idealnego silnika cieplnego,
* zapisać i skomentować wzór na pracę wykonaną przez silnik cieplny,
* sformułować drugą zasadę termodynamiki
* podać i objaśnić warunek stosowalności ogólnego sformułowania drugiej zasady termodynamiki
* sporządzić wykres zależności temperatury od ilości dostarczonego ciepła
* podać warunki, przy spełnieniu których do pary nienasyconej można stosować prawa gazowe,
* podać i objaśnić związek temperatury wrzenia cieczy z ciśnieniem zewnętrznym
* porównać współczynniki rozszerzalności objętościowej ciał stałych, cieczy i gazów,
* opisać zjawisko anomalnej rozszerzalności wody
 | * wypowiedzieć i objaśnić na przykładzie zerową zasadę termodynamiki
* przekształcić wzór podstawowy do postaci wiążących ciśnienie z masą lub gęstością gazu i objaśnić występujące w nim wielkości
* obliczyć stałą gazową *R* i przekształcić równanie stanu gazu doskonałego do postaci równania Clapeyrona,
* wyrazić średnią energię ruchu postępowego cząsteczek gazu poprzez stałą Boltzmanna i temperaturę w skali bezwzględnej
* skorzystać z równania Clapeyrona i wyprowadzić prawo Boyle’a, prawo Charles’a i prawo Gay-Lussaca
* za pomocą odpowiedniego obliczenia wykazać, że cząsteczki gazów jednoatomowych mają trzy stopnie swobody
* udowodnić, że w dowolnej przemianie gazu wartość bezwzględną pracy objętościowej można obliczyć tak jak pole powierzchni figury zawartej pod wykresem *p*(*V*) dla tej przemiany
* sporządzić wykresy zależności *p*(*V*) dla przemian izotermicznej i adiabatycznej,
* wytłumaczyć różnicę w kształcie izobar i adiabat
* wyprowadzić związek między ciepłem molowym gazu w stałej objętości i ciepłem molowym gazu pod stałym ciśnieniem
* przeprowadzić obliczenia pozwalające znaleźć związek między ciepłami molowymi gazu pod stałym ciśnieniem i w stałej objętości a liczbą stopni swobody cząsteczki
* opisać procesy odwracalne (w tym proces kwazistatyczny) oraz procesy nieodwracalne,
* sporządzić wykres cyklu odwrotnego do cyklu Carnota,
* zdefiniować skuteczność chłodzenia
* wyjaśnić pojęcie fluktuacji i podać przykłady ich występowania w przyrodzie
* przeprowadzić analizę energetyczną procesu topnienia i procesu parowania,
* wyznaczyć temperaturę topnienia i krzepnięcia naftalenu
* sporządzić wykres zależności ciśnienia pary nasyconej od temperatury i wytłumaczyć jego kształt,
* wyjaśnić pojęcie „punkt potrójny”
* przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że współczynnik rozszerzalności objętościowej ciał stałych jest w przybliżeniu trzykrotnie większy od współczynnika rozszerzalności liniowej,
* obliczyć wartość współczynnika rozszerzalności objętościowej gazów doskonałych
* wyjaśnić, na czym polega transport energii przez przewodnictwo cieplne i przez konwekcję,
* objaśnić wzór na szybkość przekazu ciepła w pręcie
 | * rozwiązywać nietypowe zadania rachunkowe i problemowe
 |
| **POLE ELEKROSTATYCZNE** |
| * wypowiedzieć i zapisać wzorem prawo Coulomba, nazwać wszystkie występujące w nim wielkości fizyczne,
* wymienić sposoby elektryzowania ciał i zademonstrować jeden z nich
* opisać, w jaki sposób za pomocą metalowej, naelektryzowanej kuleczki można zbadać, czy w przestrzeni istnieje pole elektrostatyczne,
* wymienić wielkości, od których zależy natężenie centralnego pola elektrosta-tycznego w danym punkcie
* opisać doświadczenie z klatką Faradaya,
* opisać rozkład ładunku dostarczonego przewodnikowi
* stwierdzić, że wewnątrz przewodnika umieszczonego w polu elektrostatycznym nie istnieje pole elektrostatyczne
* zapisać wzorami i objaśnić analogie między prawem powszechnej grawitacji i prawem Coulomba,
* wymienić wielkości, od których zależy natężenie centralnego pola grawitacyjnego w danym punkcie, i porównać z wielkościami, od których zależy natężenie centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie,
* wymienić wielkości, od których zależy potencjał centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie, oraz jednostkę, w której go wyrażamy
* opisać budowę elektroskopu i go naelektryzować,
* nazwać stały dla danego przewodnika iloraz *Q*/*V* i podać jego jednostkę
* opisać budowę kondensatora płaskiego,
* wymienić wielkości, od których zależy pojemność kondensatora płaskiego
* wymienić cechy dielektryka,
* wymienić kilka różnych dielektryków,
* opisać wpływ obecności dielektryka między okładkami kondensatora na jego pojemność
* stwierdzić, że skoro do naładowania kondensatora trzeba wykonać pracę, to posiada on energię
* na podstawie faktu, że w polu elektrostatycznym na ciało naładowane działa siła, wnioskować, iż naładowana cząstka w takim polu się porusza
 | * objaśnić pojęcie przenikalności elektrycznej,
* zademonstrować i objaśnić trzy sposoby elektryzowania ciał
* podać definicję natężenia pola elektrostatycznego,
* przeprowadzić doświadczenie ilustrujące pole elektryczne oraz układ linii pola wokół przewodnika,
* graficznie, za pomocą linii pola, przedstawić pole elektrostatyczne centralne i jednorodne
* zdefiniować gęstość powierzchniową ładunku,
* opisać rozkład gęstości powierzchniowej dla przewodników o nieregularnych kształtach
* wyjaśnić wpływ obecności przewodnika na pole elektrostatyczne wytworzone przez inny naładowany przewodnik znajdujący się w pobliżu
* wskazać analogie i różnice (związane z istnieniem ładunków dodatnich i ujemnych), między definicjami natężenia pola grawitacyjnego i pola elektrostatycznego,
* podać definicję potencjału pola elektrostatycznego,
* wyjaśnić, co mamy na myśli mówiąc, że natężenie pola i potencjał są wielkościami charakteryzującymi pole elektrostatyczne w danym punkcie
* zdefiniować pojemność elektryczną przewodnika i podać jej sens fizyczny
* wyjaśnić pojęcie napięcia między okładkami kondensatora
* wyjaśnić, na czym polega zjawisko polaryzacji dielektryka i kiedy to zjawisko zachodzi,
* zdefiniować stałą dielektryczną dielektryka i wyjaśnić jej sens fizyczny
* zapisać jedną z postaci wzoru wyrażającego energię potencjalną naładowanego kondensatora,
* zademonstrować przekaz energii podczas rozładowania kondensatora
* podać i objaśnić wzór na przyspieszenie, z jakim porusza się cząstka naładowana w jednorodnym polu elektrostatycznym
 | * podać wartość liczbową ładunku elementarnego,
* wypowiedzieć i objaśnić zasadę zachowania ładunku
* wyprowadzić wzór informujący, od czego zależy natężenie centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie
* sporządzić wykres *E*(*r*) dla naelektryzowanego przewodnika kulistego
* opisać i wyjaśnić procesy zachodzące w przewodniku umieszczonym w jednorodnym polu elektrostatycznym
* kondensatora powoduje wzrost jego pojemności
* wyprowadzić wzór na energię naładowanego kondensatora i przekształcić go do innych postaci
* opisać ruch cząstki naładowanej dodatnio i cząstki naładowanej ujemnie w jednorodnym polu elektrostatycznym w następujących przypadkach:
* $\vec{υ}\_{0}=\vec{0}$, $\vec{υ}\_{0}‖\vec{E}$, $\vec{υ}\_{0}⊥\vec{E}$, gdzie $\vec{υ}\_{0}$ to prędkość początkowa cząstki
* wskazać analogie i różnice (związane z istnieniem ładunków dodatnich i ujemnych), między wyrażeniami na energię potencjalną ładunku w grawitacyjnym i elektrostatycznym polu centralnym,
* zapisać wzór na zmianę energii potencjalnej ładunku i wywnioskować jej zmiany podczas oddalania się ładunku od punktowego źródła pola elektrostatycznego i podczas zbliżania się ładunku do tego źródła
* wykonać doświadczenie dowodzące, że elektroskop wskazuje różnicę potencjałów między listkami i obudową
* podać definicję kondensatora
* dla kondensatora odłączonego od źródła napięcia (na podstawie doświadczenia) przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że włożenie dielektryka między okładki zmienia pojemność kondensatora
 | * wykazać doświadczalnie, że ładunek wyindukowany ma taką samą wartość jak ładunek indukujący
* opisać i stosować w zadaniach zasadę superpozycji natężeń pól,
* wyjaśnić pojęcie dipola elektrycznego i opisać pole elektrostatyczne wytworzone prze dipol
* przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że natężenie pola w każdym punkcie powierzchni przewodnika w stanie równowagi jest prostopadłe do tej powierzchni
* przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że natężenie pola wewnątrz przewodnika umieszczonego w jednorodnym polu elektrostatycznym jest równe zeru
* sporządzić wykresy zależności *E*p(*r*) dla ładunków jedno- i różnoimiennych,
* sporządzić i objaśnić wykresy zależności *V*(*r*) dla dodatniego i ujemnego źródła centralnego pola elektrostatycznego,
* stosować zasadę superpozycji dla potencjałów,
* wyprowadzić wzór na pracę w polu elektrostatycznym wyrażony poprzez różnicę potencjałów i udowodnić, że stosuje się dla każdego pola elektrostatycznego
* opisać wpływ zmiany położenia innego pobliskiego, uziemionego przewodnika na pojemność naładowanego przewodnika
* wyprowadzić i objaśnić związek natężenia pola między okładkami kondensatora z napięciem między nimi
* za pomocą odpowiedniego rozumowania wyprowadzić wzór wyrażający związek natężenia pola między okładkami kondensatora wypełnionego dielektrykiem ze stałą dielektryczną tego dielektryka
 | * rozwiązywać nietypowe zadania rachunkowe i problemowe
* przygotować prezentację na temat przemiany energii naładowanego kondensatora w inne rodzaje energii
* przygotować prezentację na temat zasady działania i zastosowań akceleratora liniowego
 |