

**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 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 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 * 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 * 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: * , , , gdzie 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 |