PRZEDMIOTOWY SYSTEM OCENIANIA

W opracowanej propozycji przedmiotowego systemu oceniania zrezygnowano (poza kilkoma szczególnymi przypadkami) z haseł dotyczących rozwiązywania zadań, gdyż musiałyby się powtarzać w prawie każdym temacie. Typowe zadania powinien rozwiązywać uczeń aspirujący do oceny dobrej. Na ocenę bardzo dobrą i celującą wymagamy od ucznia rozwiązywania nietypowych zadań obliczeniowych i problemowych, w których należy sformułować i przeanalizować problem oraz skorzystać z dodatkowych źródeł wiedzy.

**Klasa 2**

| Temat według programu | Wymagania konieczne  (ocena dopuszczająca)  Uczeń potrafi: | Wymagania podstawowe  (ocena dostateczna)  Uczeń sprostał wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi: | Wymagania rozszerzające  (ocena dobra)  Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi: | Wymagania dopełniające  (oceny bardzo dobra i celująca)  Uczeń sprostał wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi: |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Dział 6. Ruch postępowy i ruch obrotowy bryły sztywnej | | | | |
| 1. Iloczyn wektorowy dwóch wektorów | * zdefiniować i zapisać wzorem iloczyn wektorowy dwóch wektorów, * podać wzór na wartość iloczynu wektorowego wektorów prostopadłych | * podać kierunek, zwrot i wartość wektora, który stanowi wynik mnożenia wektorowego | * wyjaśnić, co to znaczy, że iloczyn wektorowy jest nieprzemienny | * pomnożyć wektorowo dwa wektory o dowolnych kierunkach i zwrotach |
| 2. Ruch obrotowy bryły sztywnej | * wymienić cechy modelu, jakim jest bryła sztywna, * podać przykłady ruchu postępowego i obrotowego bryły sztywnej | * posługiwać się pojęciami: szybkość kątowa średnia i chwilowa, prędkość kątowa średnia i chwilowa, przyspieszenie kątowe średnie i chwilowe | * wyprowadzić i objaśnić związki między wielkościami opisującymi ruch obrotowy | * precyzyjnym językiem fizyki objaśnić analogie między wielkościami kinematycznymi dla ruchu postępowego i obrotowego |
| 3. Energia kinetyczna bryły sztywnej | * podać i objaśnić wzór na energię kinetyczną bryły wykonującej ruch obrotowy, * podać wzór na moment bezwładności punktu materialnego względem wybranej osi obrotu | * obliczyć energię kinetyczną obracającej się bryły, znając jej szybkość kątową i moment bezwładności względem osi symetrii | * 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 | * stosować definicję momentu bezwładności i wyprowadzać wzory na momenty bezwładności wybranych brył |
| 4–6. Przyczyny zmian ruchu obrotowego. Moment siły | * wykazać, że działanie siły nie wystarcza do wprawienia bryły w ruch obrotowy, * na podstawie wzoru obliczyć wartość momentu siły | * na podstawie wzoru definicyjnego obliczyć wartość momentu siły i podać jego kierunek i zwrot, * podać przykłady ruchów obrotowych jednostajnych i zmiennych | * formułować pierwszą i drugą zasadę dynamiki dla ruchu obrotowego, * podać warunki wykonywania ruchów obrotowych jednostajnie i niejednostajnie zmiennych | * wykazać, że przy obracaniu bryły pracę wykonuje moment siły, * wyprowadzić i objaśnić wzór na moc chwilową w ruchu obrotowym bryły |
| 7–8. Równowaga bryły sztywnej | * wymienić przykłady maszyn prostych i opisać zasadę działania jednej z nich | * podać warunki równowagi bryły sztywnej, * podać sposoby praktycznego wykorzystania maszyn prostych | * na podstawie odpowiednich obliczeń wyjaśnić zasadę działania dźwigni jedno- i dwustronnej, bloku nieruchomego i ruchomego oraz kołowrotu | * wyjaśnić zasadę działania wielokrążka |
| 9–10. Badanie ruchu ciał o różnych momentach bezwładności | * aktywnie uczestniczyć przy wykonywaniu pomiarów w doświadczalnym badaniu zależności wartości przyspieszenia kątowego od momentu bezwładności bryły | * aktywnie uczestniczyć przy wykonywaniu pomiarów i obliczeń dotyczących badania zależności wartości przyspieszenia kątowego od momentu bezwładności bryły | * zaprezentować teoretyczne przygotowanie do zbadania zależności przyspieszenia kątowego od momentu bezwładności bryły | * obliczyć i skomentować niepewności pomiarowe wyznaczonej doświadczalnie wartości przyspieszenia kątowego bryły sztywnej |
| 11–12. Moment pędu | * wymienić moment pędu jako wielkość służącą do opisu ruchu obrotowego, która nie ulega zmianie, gdy wypadkowy moment sił działających na bryłę jest równy zeru | * napisać wzór na moment pędu punktu materialnego poruszającego się ruchem jednostajnym po okręgu, * podać kierunek i zwrot momentu pędu | * 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 | * przeprowadzić rozumowanie prowadzące do uzyskania związku między momentem pędu i momentem bezwładności bryły, * przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wyrażenia drugiej zasady dynamiki w postaci |
| 13. Sprawdzanie zasady zachowania momentu pędu | * obserwować ruch układu (człowiek z hantlami na fotelu obrotowym), którego moment bezwładności ulega zmianie i wnioskować na tej podstawie o momencie pędu układu | * obserwować ruch układu (człowiek z wirującym kołem na fotelu obrotowym), którego moment bezwładności ulega zmianie i wnioskować na tej podstawie o momencie pędu układu | * za pomocą wahadła Oberbecka wykonać doświadczenie sprawdzające zasadę zachowania momentu pędu | * obliczyć i skomentować niepewności pomiarowe przy porównywaniu momentów pędu w doświadczeniu sprawdzającym zasadę zachowania momentu pędu układu |
| 14. Analogie w opisie ruchów postępowego i obrotowego | * większości dynamicznych wielkości fizycznych służących do opisu ruchu postępowego przypisać odpowiednie wielkości służące do opisu ruchu obrotowego | * wszystkim dynamicznym wielkościom fizycznym służącym do opisu ruchu postępowego przypisać odpowiednie wielkości służące do opisu ruchu obrotowego i wyrazić je odpowiednimi wzorami | * wykorzystać analogie w opisie ruchu postępowego i obrotowego do rozwiazywania typowych zadań | * wykorzystać analogie w opisie ruchu postępowego i obrotowego do rozwiązywania zadań o podwyższonym stopniu trudności |
| 15–17. Złożenie ruchów postępowego i obrotowego: toczenie | * opisać toczenie bryły jako złożenie ruchu postępowego względem podłoża i ruchu obrotowego wokół osi symetrii | * 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 | * obliczyć wypadkową prędkość punktów leżących na pionowej średnicy bryły toczącej się bez poślizgu, * zapisać równania ruchu postępowego i obrotowego toczącej się bryły | * 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 |
| Dział 7. Pole grawitacyjne | | | | |
| 1. O odkryciach Kopernika i Keplera | * przedstawić podstawowe założenia heliocentrycznej teorii budowy Układu Słonecznego | * sformułować i objaśnić prawa Keplera | * wykazać, że drugie prawo Keplera jest konsekwencją zasady zachowania momentu pędu planet obiegających Słońce, * korzystać z trzeciego prawa Keplera do rozwiązywania zadań | * przygotować prezentację na temat roli odkryć Kopernika i Keplera dla rozwoju fizyki i astronomii |
| 2. Prawo powszechnej grawitacji | * zapisać wzorem i wypowiedzieć prawo powszechnej grawitacji, * wymienić ciała, dla których można je stosować w zapisanej postaci | * objaśnić praktyczne znaczenie bardzo małej wartości stałej grawitacji | * wykazać, że siła grawitacji działająca na ciało o masie *m* umieszczone na planecie jest wprost proporcjonalna do promienia i gęstości tej planety | * przedstawić rozumowanie prowadzące od trzeciego prawa Keplera do prawa powszechnej grawitacji Newtona |
| 3. Pierwsza prędkość kosmiczna | * zdefiniować pierwszą prędkość kosmiczną i podać jej wartość dla Ziemi | * wyjaśnić, dlaczego satelity Ziemi krążą wokół niej z prędkością o nieco mniejszej wartości, * objaśnić pojęcie „satelita geostacjonarny” | * wyprowadzić wzór na wartość pierwszej prędkości kosmicznej, * obliczyć promień orbity geostacjonarnej i szybkość satelity na tej orbicie | * przygotować prezentację na temat sposobów wykorzystania satelitów geostacjonarnych |
| 4–5. Natężenie pola grawitacyjnego | * 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?* | * wyjaśnić, co nazywamy źródłem pola, a co ciałem próbnym i jakiego ciała próbnego używamy do wykrycia pola grawitacyjnego, * podać definicję natężenia pola grawitacyjnego | * 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 | * 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 |
| 6–7. Praca w polu grawitacyjnym | * 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 | * 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 | * 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 | * przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wzoru na pracę w centralnym polu grawitacyjnym |
| 8–9. Energia potencjalna ciała w polu grawitacyjnym | * na przykładzie Ziemi i leżącego na niej ciała opisać zmiany energii potencjalnej tego ciała przy jego oddalaniu się do nieskończoności | * 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* | * 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 | * 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 |
| 10. \*Potencjał pola grawitacyjnego |  |  |  | * 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 |
| 11. Druga prędkość kosmiczna | * sformułować pytanie, jakie stawiamy przed przystąpieniem do obliczenia drugiej prędkości kosmicznej | * podać wartość drugiej prędkości kosmicznej dla Ziemi | * zapisać i objaśnić wzór na wartość drugiej prędkości kosmicznej | * przeprowadzić rozumowanie prowadzące do otrzymania wzoru na drugą prędkość kosmiczną |
| 12–13. Stan przeciążenia. Stany nieważkości i niedociążenia | * podać przykłady ciała w stanie przeciążenia, niedociążenia i nieważkości | * opisać wpływ przeciążenia na organizm człowieka | * objaśnić, co oznaczają stwierdzenia, że ciało jest w stanach przeciążenia, niedociążenia i nieważkości | * podać warunki, w których występuje stan nieważkości, * wyjaśnić zasadę równoważności (możliwość wytwarzania sztucznej grawitacji) |
| Dział 8. Elementy astronomii | | | | |
| 1. Układ Słoneczny | * wymienić ciała niebieskie wchodzące w skład Układu Słonecznego | * podać główne właściwości Słońca i planet Układu Słonecznego | * szczegółowo opisać właściwości Słońca, planet i ich księżyców oraz pozostałych ciał niebieskich wchodzących w skład Układu Słonecznego | * przygotować prezentację na temat najnowszych odkryć dotyczących Układu Słonecznego |
| 2–3. Jednostki odległości stosowane w astronomii | * zdefiniować jednostkę astronomiczną i rok świetlny | * opisać metodę pomiaru kąta paralaksy heliocentrycznej | * odszukać informacje o szybkościach sond kosmicznych i obliczać przybliżone czasy dotarcia sondy do planety | * zamieniać jednostki odległości używane w astronomii, * wyjaśnić sposób pomiaru odległości do gwiazd i wykonać przykładowe obliczenia |
| 4. Nasza Galaktyka i jej miejsce we Wszechświecie | * przeprowadzić obserwację Drogi Mlecznej | * podać najważniejsze informacje na temat naszej Galaktyki i innych obiektów we Wszechświecie | * obliczyć czas, w którym Słońce wykonuje jeden pełny obieg wokół centrum naszej Galaktyki | * przygotować prezentację na temat czarnych dziur |
| 5–6. Prawo Hubble’a i teoria Wielkiego Wybuchu | * podać przybliżony wiek Wszechświata, * wyjaśnić termin „ucieczka galaktyk” | * podać treść prawa Hubble’a, * zapisać wzorem prawo Hubble’a i objaśnić występujące w nim wielkości fizyczne | * obliczyć wiek Wszechświata, * opisać ewolucję Wszechświata, * wyjaśnić rozszerzanie się Wszechświata na modelu balonika | * wymienić i objaśnić główne fakty obserwacyjne uzasadniające słuszność teorii Wielkiego Wybuchu, * wyjaśnić rozszerzanie się Wszechświata jako rozszerzanie się przestrzeni |
| Dział 9. Ruch drgający harmoniczny | | | | |
| 1. Sprężystość jako makroskopowy efekt oddziaływań mikroskopowych | * podać przykłady występowania w przyrodzie zjawisk sprężystych i sił sprężystości | * rozróżnić zjawiska sprężyste i plastyczne | * podać przyczyny występowania zjawisk sprężystych | * objaśnić przemiany energii podczas odkształceń sprężystych |
| 2–3. Ruch drgający harmoniczny.  Badanie wydłużenia sprężyny | * wymienić i opisać cechy ruchu drgającego harmonicznego, * zademonstrować proporcjonalność wydłużenia sprężyny do wartości siły zewnętrznej działającej na sprężynę | * wymienić i zdefiniować wielkości opisujące ruch drgający harmoniczny, * zapisać i objaśnić związek siły sprężystości z wychyleniem ciała z położenia równowagi | * podać sens fizyczny współczynnika sprężystości sprężyny, * wykazać doświadczalnie, że wydłużenie sprężyny jest wprost proporcjonalne do wartości siły zewnętrznej działającej na sprężynę | * na przykładzie klocka zaczepionego do sprężyny i wykonującego drgania na poziomej powierzchni opisać rodzaje ruchów składających się na ruch harmoniczny |
| 4–6. Matematyczny opis ruchu harmonicznego.  Badanie zależności okresu drgań ciężarka od jego masy i współczynnika sprężystości sprężyny | * 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 | * 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*) | * 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 | * 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 |
| 7. Energia w ruchu harmonicznym | * 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 | * na podstawie wykresu *Fx*(*x*) wyprowadzić wzór na energię potencjalną sprężystości | * wyprowadzić wzór na całkowitą energię ciała wykonującego ruch harmoniczny i wypowiedzieć zasadę zachowania energii mechanicznej w tym ruchu | * sporządzać wykresy zależności *E*p(*x*), *E*k(*x*) oraz *E*p(*t*) i *E*k(*t*), * rozwiązywać zadania o podwyższonym stopniu trudności |
| 8–10. Wahadło matematyczne.  Zademonstrowanie niezależności okresu drgań wahadła od amplitudy.  Badanie zależności okresu drgań wahadła od jego długości.  Wyznaczanie wartości przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego | * opisać cechy modelu, jakim jest wahadło matematyczne | * zapisać i objaśnić wzór na okres drgań wahadła matematycznego, * zademonstrować niezależność okresu drgań wahadła od amplitudy drgań | * 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 | * wyprowadzić wzór na okres drgań wahadła matematycznego, * samodzielnie opracować sposób sprawdzenia zależności okresu drgań wahadła od jego długości i wykonać doświadczenie |
| 11. Drgania wymuszone i rezonansowe.  Zademonstrowanie zjawiska rezonansu mechanicznego | * zademonstrować zjawisko rezonansu mechanicznego | * wyjaśnić, kiedy występuje i na czym polega zjawisko rezonansu | * wyjaśnić znaczenie pojęć: drgania swobodne i częstotliwość drgań własnych | * wyjaśnić pojęcie „częstotliwość rezonansowa” |
| Dział 10. Zjawiska termodynamiczne | | | | |
| 1. Równowaga termodynamiczna. Zerowa zasada termodynamiki.  Badanie procesu wyrównywania temperatury ciał | * wymienić różnice w budowie i właściwościach ciał w różnych stanach skupienia | * wyjaśnić, co rozumiemy pod pojęciem „stan równowagi termodynamicznej” | * wymienić wielkości, których będziemy używać w termodynamice, i przypisać każdej odpowiedni symbol, * badać proces wyrównywania temperatury ciał i posługiwać się bilansem cieplnym | * wypowiedzieć i objaśnić na przykładzie zerową zasadę termodynamiki |
| 2. Ciśnienie gazu w naczyniu zamkniętym | * wymienić wielkości fizyczne, od których zależy ciśnienie gazu w zamkniętym naczyniu | * wymienić warunki, jakie powinien spełniać gaz doskonały | * zapisać podstawowy wzór teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego i objaśnić występujące w nim wielkości | * przekształcić wzór podstawowy do postaci wiążących ciśnienie z masą lub gęstością gazu i objaśnić występujące w nim wielkości |
| 3. Równanie stanu gazu doskonałego. Równanie Clapeyrona | * objaśnić związek temperatury w skali Celsjusza i Kelvina, * zapisać i objaśnić równanie stanu gazu doskonałego | * 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 | * przekształcić wzór podstawowy teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego do postaci równania stanu gazu doskonałego | * 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 |
| 4–6. Szczególne przemiany gazu doskonałego | * wymienić trzy szczególne przemiany gazu doskonałego i wskazać wielkość stałą w każdej przemianie | * wypowiedzieć, zapisać wzorem i objaśnić prawo Boyle’a, Charles’a   i Gay-Lussaca | * 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 | * skorzystać z równania Clapeyrona i wyprowadzić prawo Boyle’a, prawo Charles’a i prawo Gay-Lussaca |
| 7. Energia wewnętrzna gazu. Stopnie swobody | * wymienić rodzaje energii cząsteczek gazu, * wyjaśnić pojęcie „energia wewnętrzna ciała” | * uzasadnić fakt, że cząsteczki gazu doskonałego mają tylko energię kinetyczną wszystkich rodzajów ruchu | * 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 | * za pomocą odpowiedniego obliczenia wykazać, że cząsteczki gazów jednoatomowych mają trzy stopnie swobody |
| 8. Pierwsza zasada termodynamiki | * wymienić sposoby dokonywania zmiany energii wewnętrznej ciała i podać przykłady takich zmian z codziennego życia | * wyjaśnić, co rozumiemy przez dostarczanie ciału ciepła, * wypowiedzieć i zapisać wzorem pierwszą zasadę termodynamiki oraz przedyskutować znaki *Q* i *W* w różnych procesach | * 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 | * 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 |
| 9–10. Szczególne przemiany gazu doskonałego a pierwsza zasada termodynamiki | * opisać przemianę adiabatyczną gazu | * zapisać pierwszą zasadę termodynamiki dla przemian: izotermicznej, izochorycznej i adiabatycznej oraz przedyskutować znaki wielkości fizycznych dla różnych przypadków | * zapisać pierwszą zasadę termodynamiki dla przemiany izobarycznej i przedyskutować znaki *W* i *Q* dla różnych przypadków | * sporządzić wykresy zależności *p*(*V*) dla przemian izotermicznej i adiabatycznej, * wytłumaczyć różnicę w kształcie izobar i adiabat |
| 11. Ciepło właściwe i ciepło molowe | * wyjaśnić różnicę między ciepłem właściwym i ciepłem molowym | * zapisać wzory na ciepło wymienione z otoczeniem za pomocą wielkości fizycznych: ciepło właściwe i ciepło molowe | * zapisać i skomentować związek między ciepłem molowym gazu w stałej objętości i ciepłem molowym gazu pod stałym ciśnieniem | * wyprowadzić związek między ciepłem molowym gazu w stałej objętości i ciepłem molowym gazu pod stałym ciśnieniem |
| 12. Energia wewnętrzna jako funkcja stanu |  | * zapisać wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu w przemianie izochorycznej i stwierdzić, że wzór ten stosuje się w dowolnej przemianie | * 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 | * przeprowadzić obliczenia pozwalające znaleźć związek między ciepłami molowymi gazu pod stałym ciśnieniem i w stałej objętości a liczbą stopni swobody cząsteczki |
| 13–15. Silniki cieplne. Odwracalny cykl Carnota | * stwierdzić, że zamiana części dostarczonego ciepła na pracę jest podstawą działania silnika cieplnego, * opisać kolejne fazy pracy silnika spalinowego czterosuwowego | * 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 | * opisać i objaśnić cykl Carnota i działanie idealnego silnika cieplnego, * zapisać i skomentować wzór na pracę wykonaną przez silnik cieplny, * sformułować drugą zasadę termodynamiki | * opisać procesy odwracalne (w tym proces kwazistatyczny) oraz procesy nieodwracalne, * sporządzić wykres cyklu odwrotnego do cyklu Carnota, * zdefiniować skuteczność chłodzenia |
| 16. Fluktuacje. Wzmianka o entropii | * podać przykład wzrastającego nieuporządkowania układu i nazwać go wzrostem entropii | * wyjaśnić znaczenie Słońca jako źródła energii, której dostarczenie do układu powoduje zmniejszenie jego entropii | * podać i objaśnić warunek stosowalności ogólnego sformułowania drugiej zasady termodynamiki |  |
| 17–20. Przejścia fazowe.  Zademonstrowanie stałości temperatury podczas przemiany fazowej.  Wyznaczanie temperatury topnienia i krzepnięcia naftalenu | * podać fazy, w których może występować ta sama substancja, * opisać zjawiska topnienia i parowania | * podać definicję ciepła topnienia i ciepła parowania, * wyjaśnić, dlaczego temperatura wrzenia cieczy zależy od ciśnienia zewnętrznego, * zademonstrować stałość temperatury podczas przemiany fazowej | * sporządzić wykres zależności temperatury od ilości dostarczonego ciepła | * przeprowadzić analizę energetyczną procesu topnienia i procesu parowania, * wyznaczyć temperaturę topnienia i krzepnięcia naftalenu |
| 21. Para nasycona i para nienasycona | * wyjaśnić pojęcia: para nienasycona i para nasycona | * wytłumaczyć, co to znaczy, że para jest w równowadze z cieczą, z której powstała, * podać sposób zwiększenia ciśnienia pary nasyconej | * podać warunki, przy spełnieniu których do pary nienasyconej można stosować prawa gazowe, * podać i objaśnić związek temperatury wrzenia cieczy z ciśnieniem zewnętrznym | * sporządzić wykres zależności ciśnienia pary nasyconej od temperatury i wytłumaczyć jego kształt, * wyjaśnić pojęcie „punkt potrójny” |
| 22. Rozszerzalność temperaturowa ciał.  Zademonstrowanie rozszerzalności temperaturowej wybranych ciał stałych | * 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 | * zapisać wzór definicyjny współczynnika rozszerzalności objętościowej, * odpowiedzieć na pytanie, od czego zależy, współczynnik rozszerzalności objętościowej, * zademonstrować rozszerzalność temperaturową wybranych ciał stałych | * porównać współczynniki rozszerzalności objętościowej ciał stałych, cieczy i gazów, * opisać zjawisko anomalnej rozszerzalności wody | * 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 |
| 23. \*Transport energii przez przewodnictwo i konwekcję |  |  |  | * wyjaśnić, na czym polega transport energii przez przewodnictwo cieplne i przez konwekcję, * objaśnić wzór na szybkość przekazu ciepła w pręcie |
| Dział 11. Pole elektrostatyczne | | | | |
| 1–2. Wzajemne oddziaływanie ciał naelektryzowanych | * wypowiedzieć i zapisać wzorem prawo Coulomba, nazwać wszystkie występujące w nim wielkości fizyczne, * wymienić sposoby elektryzowania ciał i zademonstrować jeden z nich | * objaśnić pojęcie przenikalności elektrycznej, * zademonstrować i objaśnić trzy sposoby elektryzowania ciał | * podać wartość liczbową ładunku elementarnego, * wypowiedzieć i objaśnić zasadę zachowania ładunku | * wykazać doświadczalnie, że ładunek wyindukowany ma taką samą wartość jak ładunek indukujący |
| 3–4. Natężenie pola elektrostatycznego.  Zademonstrowanie kształtu linii jednorodnego i centralnego pola elektrostatycznego | * 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 | * 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 | * wyprowadzić wzór informujący, od czego zależy natężenie centralnego pola elektrostatycznego w danym punkcie | * opisać i stosować w zadaniach zasadę superpozycji natężeń pól, * wyjaśnić pojęcie dipola elektrycznego i opisać pole elektrostatyczne wytworzone prze dipol |
| 5. Naelektryzowany przewodnik | * opisać doświadczenie z klatką Faradaya, * opisać rozkład ładunku dostarczonego przewodnikowi | * zdefiniować gęstość powierzchniową ładunku, * opisać rozkład gęstości powierzchniowej dla przewodników o nieregularnych kształtach | * sporządzić wykres *E*(*r*) dla naelektryzowanego przewodnika kulistego | * przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że natężenie pola w każdym punkcie powierzchni przewodnika w stanie równowagi jest prostopadłe do tej powierzchni |
| 6. Przewodnik w polu elektrostatycznym | * stwierdzić, że wewnątrz przewodnika umieszczonego w polu elektrostatycznym nie istnieje pole elektrostatyczne | * wyjaśnić wpływ obecności przewodnika na pole elektrostatyczne wytworzone przez inny naładowany przewodnik znajdujący się w pobliżu | * opisać i wyjaśnić procesy zachodzące w przewodniku umieszczonym w jednorodnym polu elektrostatycznym | * przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że natężenie pola wewnątrz przewodnika umieszczonego w jednorodnym polu elektrostatycznym jest równe zeru |
| 7–10. Analogie w opisie pól grawitacyjnego i elektrostatycznego | * 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 | * 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 | * 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 | * 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 |
| 11. Pojemność elektryczna ciała przewodzącego | * opisać budowę elektroskopu i go naelektryzować, * nazwać stały dla danego przewodnika iloraz *Q*/*V* i podać jego jednostkę | * zdefiniować pojemność elektryczną przewodnika i podać jej sens fizyczny | * wykonać doświadczenie dowodzące, że elektroskop wskazuje różnicę potencjałów między listkami i obudową | * opisać wpływ zmiany położenia innego pobliskiego, uziemionego przewodnika na pojemność naładowanego przewodnika |
| 12–13. Kondensator | * opisać budowę kondensatora płaskiego, * wymienić wielkości, od których zależy pojemność kondensatora płaskiego | * wyjaśnić pojęcie napięcia między okładkami kondensatora | * podać definicję kondensatora | * wyprowadzić i objaśnić związek natężenia pola między okładkami kondensatora z napięciem między nimi |
| 14. Dielektryk w polu elektrostatycznym | * wymienić cechy dielektryka, * wymienić kilka różnych dielektryków, * opisać wpływ obecności dielektryka między okładkami kondensatora na jego pojemność | * wyjaśnić, na czym polega zjawisko polaryzacji dielektryka i kiedy to zjawisko zachodzi, * zdefiniować stałą dielektryczną dielektryka i wyjaśnić jej sens fizyczny | * dla kondensatora odłączonego od źródła napięcia (na podstawie doświadczenia) przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wniosku, że włożenie dielektryka między okładki kondensatora powoduje wzrost jego pojemności | * za pomocą odpowiedniego rozumowania wyprowadzić wzór wyrażający związek natężenia pola między okładkami kondensatora wypełnionego dielektrykiem ze stałą dielektryczną tego dielektryka |
| 15. Energia naładowanego kondensatora.  Zademonstrowanie przekazu energii podczas rozładowania kondensatora (lampa błyskowa) | * stwierdzić, że skoro do naładowania kondensatora trzeba wykonać pracę, to posiada on energię | * zapisać jedną z postaci wzoru wyrażającego energię potencjalną naładowanego kondensatora, * zademonstrować przekaz energii podczas rozładowania kondensatora | * wyprowadzić wzór na energię naładowanego kondensatora i przekształcić go do innych postaci | * przygotować prezentację na temat przemiany energii naładowanego kondensatora w inne rodzaje energii |
| 16. Ruch naładowa-nej cząstki w polu elektrostatycznym | * na podstawie faktu, że w polu elektrostatycznym na ciało naładowane działa siła, wnioskować, iż naładowana cząstka w takim polu się porusza | * podać i objaśnić wzór na przyspieszenie, z jakim porusza się cząstka naładowana w jednorodnym polu elektrostatycznym | * opisać ruch cząstki naładowanej dodatnio i cząstki naładowanej ujemnie w jednorodnym polu elektrostatycznym w następujących przypadkach:   , , , gdzie  to prędkość początkowa cząstki | * przygotować prezentację na temat zasady działania i zastosowań akceleratora liniowego |