

**Wymagania edukacyjne z fizyki w klasach drugich Liceum Ogólnokształcącego Zespołu Szkół im. St. Staszica w Pile
po szkole podstawowej (zakres rozszerzony – klasa 2 B)**

L.P	Temat według programu	Wymagania konieczne (ocena dopuszczająca) Uczeń potrafi:	Wymagania podstawowe (ocena dostateczna) Uczeń sprostął wymaganiom na niższy stopień oraz potrafi:	Wymagania rozszerzone (ocena dobra) Uczeń sprostął wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:	Wymagania dopełniające (oceny bardzo dobra i celująca) Uczeń sprostął wymaganiom na niższe stopnie oraz potrafi:
RUCH POSTĘPOWY I RUCH OBROTOWY BRYŁY SZTYWNEJ					
1.	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.	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.	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	• stosować definicję momentu bezwładności $\sum m_i r_i^2$ i wyprowadzać wzory na momenty bezwładności wybranych brył

				momentów bezwładności	
4.	4–6. Przyczyny zmian ruchu obrotowego. Moment siły	- wykazać, że działanie siły nie wystarcza do wprowadzenia 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
5.	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
6.	9–10. Badanie ruchu ciał o różnych momentach bezwładności	aktywnie uczestniczyć przy wykonywaniu pomiarów w doświadczalnym badaniu zależności wartości przyspieszenia kąowego od momentu bezwładności bryły	aktywnie uczestniczyć przy wykonywaniu pomiarów i obliczeń dotyczących badania zależności wartości przyspieszenia kąowego od momentu bezwładności bryły	zaprezentować teoretyczne przygotowanie do zbadania zależności przyspieszenia kąowego od momentu bezwładności bryły	obliczyć i skomentować niepewności pomiarowe wyznaczonej doświadczalnie wartości przyspieszenia kąowego bryły sztywnej
7.	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 zero	- 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	- przeprowadzić rozumowanie prowadzące do uzyskania związku między momentem pędu i momentem bezwładności bryły, - przeprowadzić rozumowanie prowadzące do wyrażenia drugiej

				postaci $\vec{M} = \frac{\Delta \vec{L}}{\Delta t}$ i wnioskować z niej zasadę zachowania momentu pędu	zasady dynamiki w postaci $\vec{M} = \frac{\Delta \vec{L}}{\Delta t}$
8.	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	• umieć rozwiązywać zadania rachunkowe sprawdzające zasadę zachowania momentu pędu	• obliczyć i skomentować niepewności pomiarowe przy porównywaniu momentów pędu w doświadczeniu sprawdzającym zasadę zachowania momentu pędu układu
9.	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 rozwiązywania typowych zadań	• wykorzystać analogie w opisie ruchu postępowego i obrotowego do rozwiązywania zadań o podwyższonym stopniu trudności
10.	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. • Rozwiązywać zadania rachunkowe o znacznym stopniu trudności

POLE GRAWITACYJNE

11.	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
12.	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
13.	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
14.	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	• 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	• stosować zasadę superpozycji natężeń, • obliczyć wartość siły grawitacji wewnątrz Ziemi, • wyjaśnić różnicę między natężeniem pola grawitacyjnego a przyspieszeniem ziemskim w danym punkcie,

		pytanie: <i>Od czego zależy natężenie pola grawitacyjnego wytworzonego przez Ziemię?</i>		danym punkcie centralnego pola grawitacyjnego, • sporządzić wykres zależności natężenia pola od odległości od punktu materialnego i kuli dla $r \geq R$	• sporządzić wykres zależności natężenia pola od odległości od środka kuli
15.	6–7. Praca w polu grawitacyjnym	• objaśnić znaczenie wielkości fizycznych występujących we wzorze na pracę siły zewnętrznej, równoważącą 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 wnioski	• 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
16.	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

17.	10. *Potencjał pola grawitacyjnego				• zdefiniować potencjał i podać jego jednostkę, • odpowiedzieć na pytanie: <i>Od czego zależy potencjał pola centralnego?</i>, • narysować wykres $V(r)$ dla jednorodnego i dla centralnego pola grawitacyjnego, • zapisać wzór na pracę w polu grawitacyjnym za pomocą potencjałów
18.	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	• rozwiązywać zadania do wyznaczenia drugiej prędkości kosmicznej dla różnych obiektów kosmicznych
19.	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)
ELEMENTY ASTRONOMII					
20.	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	• przygotować prezentację na temat najnowszych odkryć dotyczących Układu Słonecznego

				w skład Układu Słonecznego	
21.	2–3. Jednostki odległości stosowane w astronomii	• zdefiniować jednostkę astronomiczną i rok świetlny	• opisać metodę pomiaru kąta paralaksy heliocentrycznej	• zdefiniować parsek, • 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
22.	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
23.	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 słuszość teorii Wielkiego Wybuchu, • wyjaśnić rozszerzanie się Wszechświata jako rozszerzanie się przestrzeni
RUCH DRGAJĄCY HARMONICZNY					
24.	1. Sprężystość jako makroskopowy efekt oddziaływań mikroskopowych	• podać przykłady występowania w przyrodzie zjawisk sprężystych i sił sprężystość	• rozróżnić zjawiska sprężyste i plastyczne	• podać przyczyny występowania zjawisk sprężystych	• objaśnić przemiany energii podczas odkształceń sprężystych
25.	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	• na przykładzie klocka zaczepionego do sprężyny i wykonującego drgania na poziomej powierzchni opisać rodzaje ruchów składających się na ruch harmoniczny

				działającej na sprężynę	
26	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 harmonicznym 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 $x(t)$, $\dot{x}(t)$ i $a_x(t)$	• zapisać i objaśnić wzory na współrzędne x, $\dot{x}$, $\ddot{x}$ i F_x 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 wnioski dotyczący ruchu rzutu na oś x punktu poruszającego się po okręgu, • obliczać współrzędne x, $\dot{x}$, $\ddot{x}$ i F_x przy dowolnej fazie początkowej, • wyprowadzić wzór na okres drgań w ruchu harmonicznym
27.	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 $F_x(x)$ 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
28.	8–10. Wahadło matematyczne. Zademonstrowanie niezależności okresu	• opisać cechy modelu, jakim jest wahadło matematyczne	• zapisać i objaśnić wzór na okres drgań wahadła matematycznego, • zademonstrować	• wykazać, że dla małych kątów wychylenia ruch wahadła jest ruchem harmonicznym,	• wyprowadzić wzór na okres drgań wahadła matematycznego, • samodzielnie opracować

	drgań wahadła od amplitudy. Badanie zależności okresu drgań wahadła od jego długości. Wyznaczanie wartości przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego		niezależność okresu drgań wahadła od amplitudy drgań	• wyjaśnić, na czym polega izochronizm wahadła, • wyznaczyć wartość przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego	sposób sprawdzenia zależności okresu drgań wahadła od jego długości i wykonać doświadczenie
29	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”
ZJAWISKA TERMODYNAMICZNE					
30.	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
31.	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
32.	3. Równanie stanu gazu	• objaśnić związek	• uzasadnić stwierdzenie, że	• przekształcić wzór	• obliczyć stałą gazową R i

	doskonałego. Równanie Clapeyrona	temperatury w skali Celsjusza i Kelvina, • zapisać i wyjaśnić równanie stanu gazu doskonałego	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 wyjaśnić równanie Clapeyrona	podstawowy teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego do postaci równania stanu gazu doskonałego	przekształcić równanie stanu gazu doskonałego do postaci równania Clapeyrona, • wyrazić średnią energię ruchu postępowego cząsteczek gazu poprzez stałą Boltzmann'a i temperaturę w skali bezwzględnej
33.	4–6. Szczególne przemiany gazu doskonałego	• wymienić trzy szczególne przemiany gazu doskonałego i wskazać wielkość stałą w każdej przemianie	• wypowiedzieć, zapisać wzorem i wyjaśnić 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
34.	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	• za pomocą odpowiedniego obliczenia wykazać, że cząsteczki gazów jednoatomowych mają trzy stopnie swobody

				skomentować wzór na zmianę energii wewnętrznej gazu doskonałego o stałej masie	
35.	8. Pierwsza zasada termodynamiki	wymienić sposoby dokonywania zmiany energii wewnętrznej ciała i podać przykłady takich zmian z codziennego życia	- wyjaśnić, co rozumiemy przez dostarczanie ciała 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 bezwzględnej pracy objętościowej można obliczyć tak jak pole powierzchni figury zawartej pod wykresem $p(V)$ dla tej przemiany
36.	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
37.	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
38.	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	przeprowadzić obliczenia pozwalające znaleźć związek między ciepłami molowymi gazu pod stałym ciśnieniem i w stałej

				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	objętości a liczbą stopni swobody cząsteczki
39.	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 ciepłych	• 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
40.	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	• wyjaśnić pojęcie fluktuacji i podać przykłady ich występowania w przyrodzie
41.	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	• sporządzić wykres zależności temperatury od ilości dostarczonego ciepła	• przeprowadzić analizę energetyczną procesu topnienia i procesu parowania, • wyznaczyć temperaturę topnienia i krzepnięcia naftalenu
42.	21. Para nasycona i para nienasycona	• wyjaśnić pojęcia: para nienasycona i para	• wytłumaczyć, co to znaczy, że para jest w równowadze z	• podać warunki, przy spełnieniu których do	• sporządzić wykres zależności ciśnienia pary

		nasycona	cieczą, z której powstała, • podać sposób zwiększenia ciśnienia pary nasyconej	pary nienasyconej można stosować prawa gazowe, • podać i objaśnić związek temperatury wrzenia cieczy z ciśnieniem zewnętrznym	nasyconej od temperatury i wytłumaczyć jego kształt, • wyjaśnić pojęcie „punkt potrójny”
43.	22. Rozszerzalność temperaturowa ciał. Zademonstrowanie rozszerzalności temperaturowej wybranych ciał stałych	• odpowiedzieć na pytanie: <i>Co nazywamy bezwzględnym, a co względnym przyrostem objętości?</i>, • 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
44.	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
POLE ELEKTROSTATYCZNE					
45.	1–2. Wzajemne oddziaływanie ciał naelektryzowanych	• wypowiedzieć i zapisać wzorem prawo Coulomba, nazwać wszystkie występujące w nim wielkości fizyczne, • wymienić sposoby	• 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

		elektryzowania ciał i zademonstrować jeden			
46.	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 pola elektrostatycznego 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 przez dipol
47.	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
48.	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 zero
49.	7–10. Analogie w opisie pól grawitacyjnego i elektrostatycznego	• zapisać wzorami i objaśnić analogie między prawem powszechnej grawitacji i prawem Coulomba,	• wskazać analogie i różnice (związane z istnieniem ładunków dodatnich i ujemnych), między definicjami natężenia pola grawitacyjnego i	• wskazać analogie i różnice (związane z istnieniem ładunków dodatnich i ujemnych), między wyrażeniami na	• sporządzić wykresy zależności $E_p(r)$ dla ładunków jedno- i różnoimiennych, • sporządzić i objaśnić

		- 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,	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	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	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
50.	11. Pojemność elektryczna ciała przewodzącego	- opisać budowę elektroscopu 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 elektroscop wskazuje różnicę potencjałów między listkami i obudową	opisać wpływ zmiany położenia innego pobliskiego, uziemionego przewodnika na pojemność naładowanego przewodnika
51.	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
52.	14. Dielektryk w polu elektrostatycznym	- wymienić cechy dielektryka, - wymienić kilka różnych dielektryków, - opisać wpływ obecności dielektryka między okładkami kondensatora	- 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,	za pomocą odpowiedniego rozumowania wyprowadzić wzór wyrażający związek natężenia pola między okładkami kondensatora wypełnionego

		na jego pojemność		że włożenie dielektryka między okładki kondensatora powoduje wzrost jego pojemności	dielektrykiem ze stałą dielektryczną tego dielektryka
53.	15. Energia naładowanego kondensatora. Zademonstrowanie przekazu energii podczas rozładowania kondensatora	• 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
54.	16. Ruch naładowanej 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: $\vec{v}_0 = \vec{0}, \vec{v}_0 \parallel \vec{E}, \vec{v}_0 \perp \vec{E}$, gdzie $\vec{v}_0$ to prędkość początkowa cząstki	• przygotować prezentację na temat zasady działania i zastosowań akceleratora liniowego