



Politechnika Łódzka

Dział Rekrutacji

### Wymagania egzaminacyjne na egzamin maturalny z fizyki Examination requirements for the high school certificate in physics

#### Wymagania ogólne / General requirements

I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.	I. Using concepts and physical quantities to describe phenomena and indicating their examples in the surrounding reality.
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	II. Solving problems using physical laws and relationships.
III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji oraz doświadczeń i wnioskowanie na podstawie ich wyników.	III. Planning and carrying out observations and experiments and drawing conclusions based on their results.
IV. Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy materiałów źródłowych, w tym tekstów popularnonaukowych.	IV. Using information from the analysis of source materials, including popular science texts.
V. Budowanie modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk oraz ilustracji praw i zależności fizycznych.	V. Building physical and mathematical models to describe phenomena and illustrate physical laws and relationships.

ul. Radwańska 29, 90-540 Łódź, budynek A13  
tel. +48 42 631-29-74, fax +48 42 631-24-90  
rekrutacja@info.p.lodz.pl  
Adres do korespondencji:  
ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź



## Wymagania szczegółowe / Detailed requirements

### 1. Wymagania przekrojowe / 1. Cross-cutting requirements

Zdający:

- 1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; przelicza wielokrotności i podwielokrotności;
- 2) posługuje się materiałami pomocniczymi, w tym tablicami fizycznymi i chemicznymi oraz kartą wybranych wzorów i stałych fizykochemicznych;
- 3) prowadzi obliczenia szacunkowe i poddaje analizie otrzymany wynik;
- 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;
- 5) rozróżnia wielkości wektorowe i skalarne, wykonuje graficznie działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe);
- 6) tworzy teksty, tabele, diagramy lub wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu; właściwie skaluje, oznacza i doбира zakresy osi;
- 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach;
- 8) rozpoznaje zależność rosnącą bądź malejącą na podstawie danych z tabeli lub na podstawie wykresu; rozpoznaje proporcjonalność prostą na podstawie wykresu;
- 9) dopasowuje prostą do danych przedstawionych w postaci wykresu; interpretuje nachylenie tej prostej i punkty przecięcia z osiami;

The examinee:

- 1) presents the units of physical quantities, describes their relationships with basic units; converts multiples and submultiples;
- 2) uses auxiliary materials, including physical and chemical tables and a card of selected formulas and physicochemical constants;
- 3) conducts estimated calculations and analyses the obtained result;
- 4) performs numerical calculations using a calculator;
- 5) distinguishes vector and scalar quantities, performs graphical operations on vectors (addition, subtraction, decomposition into components);
- 6) creates texts, tables, diagrams or charts, schematic or block drawings to illustrate phenomena or problems; properly scales, labels and selects axis ranges;
- 7) extracts key information for the described phenomenon or problem from texts, tables, diagrams or charts, schematic or block drawings; presents this information in various forms;
- 8) recognizes an increasing or decreasing relationship based on data from a table or a chart; recognizes simple proportionality based on a graph;
- 9) fits a straight line to data presented in the form of a graph; interprets the slope of this line and the points of intersection with the axes;
- 10) carries out selected observations, measurements and experiments using their descriptions; plans and modifies their course; formulates a hypothesis and presents the steps necessary to verify it;

<p>10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji;</p> <p>11) opisuje przebieg doświadczenia lub pokazu; wyróżnia kluczowe kroki i sposób postępowania oraz wskazuje rolę użytych przyrządów i uwzględnia ich rozdzielczość;</p> <p>12) przestrzega zasad bezpieczeństwa podczas wykonywania obserwacji, pomiarów i doświadczeń;</p> <p>13) rozróżnia błędy przypadkowe i systematyczne;</p> <p>14) wyznacza średnią z kilku pomiarów jako końcowy wynik pomiaru powtarzanego;</p> <p>15) posługuje się pojęciem niepewności pomiaru wielkości prostych; zapisuje wynik pomiaru wraz z jego jednostką oraz z uwzględnieniem informacji o niepewności; uwzględnia niepewności przy sporządzaniu wykresów;</p> <p>16) przeprowadza obliczenia i zapisuje wynik zgodnie z zasadami zaokrąglania oraz zachowaniem liczby cyfr znaczących wynikającej z dokładności pomiaru lub z danych;</p> <p>17) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu;</p> <p>18) tworzy modele fizyczne lub matematyczne wybranych zjawisk i opisuje ich założenia; ilustruje prawa i zależności fizyczne z wykorzystaniem tych założeń.</p>	<p>11) describes the course of the experiment or demonstration; distinguishes key steps and procedures, indicates the role of the instruments used and takes into account their resolution;</p> <p>12) follows safety rules when performing observations, measurements and experiments;</p> <p>13) distinguishes between random and systematic errors;</p> <p>14) determines the average of several measurements as the final result of the repeated measurement;</p> <p>15) uses the concept of measurement uncertainty of simple quantities; saves the measurement result along with its unit and including uncertainty information; takes into account uncertainties when preparing graphs;</p> <p>16) performs calculations and records the result in accordance with the rounding rules and maintaining the number of significant digits resulting from the measurement accuracy or data;</p> <p>17) isolates a phenomenon from its context, names it and indicates factors important and irrelevant to its course;</p> <p>18) creates physical or mathematical models of selected phenomena and describes their assumptions; illustrates physical laws and relationships using these assumptions.</p>
---	---

## 2. Mechanika / 2. Mechanics

<p>Zdający:</p> <p>1) opisuje ruch względem różnych układów odniesienia;</p> <p>2) rozróżnia pojęcia położenie, tor i droga;</p> <p>3) opisuje ruchy postępowe, posługując się wielkościami wektorowymi: przemieszczeniem, prędkością i przyspieszeniem wraz z ich jednostkami;</p>	<p>The examinee:</p> <p>1) describes motion relative to various reference frames;</p> <p>2) distinguishes the concepts of position, trajectory and distance;;</p> <p>3) describes translational movements using vector quantities: displacement, velocity and acceleration along with their units;</p>
---	--

<ol style="list-style-type: none"> <li>4) opisuje ruchy prostoliniowe jednostajne i jednostajnie zmienne, posługując się zależnościami położenia, wartości prędkości i przyspieszenia oraz drogi od czasu;</li> <li>5) sporządza i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu;</li> <li>6) wyznacza położenie, wartość prędkości, wartość przyspieszenia i drogę w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym na podstawie danych zawartych w postaci tabel i wykresów;</li> <li>7) opisuje ruchy złożone jako sumę ruchów prostych; analizuje rzut poziomy jako przykład ruchu dwuwymiarowego;</li> <li>8) opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciami: okresu, częstotliwości, prędkości liniowej oraz przemieszczenia kąтового, prędkości kątovej i przyspieszenia dośrodkowego wraz z ich jednostkami;</li> <li>9) stosuje do obliczeń związku między promieniem okręgu, prędkością kątową, prędkością liniową oraz przyspieszeniem dośrodkowym;</li> <li>10) wskazuje siłę dośrodkową jako przyczynę ruchu jednostajnego po okręgu;</li> <li>11) opisuje ruch niejednostajny po okręgu;</li> <li>12) wyznacza graficznie siłę wypadkową dla sił działających w dowolnych kierunkach na płaszczyźnie;</li> <li>13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał;</li> <li>14) posługuje się pojęciem pędu i jego jednostką; interpretuje II zasadę dynamiki jako związek między zmianą pędu i popędem siły;</li> <li>15) wykorzystuje zasadę zachowania pędu do opisu zachowania się izolowanego układu ciał;</li> <li>16) rozróżnia i analizuje zderzenia sprężyste i niesprężyste;</li> <li>17) opisuje opory ruchu (opory ośrodka, tarcie statyczne, tarcie kinetyczne); rozróżnia współczynniki tarcia kinetycznego oraz tarcia statycznego; omawia rolę tarcia na wybranych przykładach;</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>4) describes uniform and uniformly variable rectilinear motions using position, velocity and acceleration values as well as distance versus time;</li> <li>5) prepares and interprets graphs of the relationship between movement parameters and time;</li> <li>6) determines the position, velocity value, acceleration value and distance in uniform and uniformly variable motion based on data contained in tables and graphs;</li> <li>7) describes complex movements as the sum of simple movements; analyses horizontal projection as an example of two-dimensional movement;</li> <li>8) describes uniform circular motion using the concepts of period, frequency, linear velocity and angular displacement, angular velocity and centripetal acceleration along with their units;</li> <li>9) uses the relationships between the radius of a circle, angular velocity, linear velocity and centripetal acceleration for calculations;</li> <li>10) indicates centripetal force as the cause of uniform circular motion;</li> <li>11) describes non-uniform circular motion;</li> <li>12) graphically determines the resultant force for forces acting in any directions on the plane;</li> <li>13) applies the principles of dynamics to describe the behavior of bodies;</li> <li>14) uses the concept of momentum and its unit; interprets the second law of dynamics as the relationship between the change of momentum and the impulse of the force;</li> <li>15) uses the principle of conservation of momentum to describe the behavior of an isolated system of bodies;</li> <li>16) distinguishes and analyses elastic and inelastic collisions;</li> <li>17) describes resistances to motion (resistance of the medium, static friction, kinetic friction); distinguishes the coefficients of kinetic and static friction; discusses the role of friction on selected examples;</li> </ol>
--	--

<p>18) rozróżnia układy inercjalne i nieinercjalne; omawia różnice między opisem ruchu ciał w układach inercjalnych i nieinercjalnych; posługuje się pojęciem siły bezwładności;</p> <p>19) stosuje zasadę równoważności układów inercjalnych (zasadę względności Galileusza);</p> <p>20) posługuje się pojęciami pracy mechanicznej, mocy, energii kinetycznej, energii potencjalnej wraz z ich jednostkami; stosuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczeń;</p> <p>21) posługuje się pojęciem sprawności urządzeń mechanicznych;</p> <p>22) interpretuje pole pod wykresem zależności siły od drogi i pole pod wykresem zależności mocy od czasu jako wykonaną pracę;</p> <p>23) opisuje ruch ciał na równi pochyłej;</p> <p>24) posługuje się pojęciem ciśnienia hydrostatycznego i stosuje je do obliczeń; analizuje równowagę cieczy w naczyniach połączonych;</p> <p>25) stosuje do obliczeń prawo Archimedes'a i objaśnia warunki pływania ciał;</p> <p>26) doświadczalnie:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>demonstruje działanie siły bezwładności, m.in. na przykładzie pojazdów gwałtownie hamujących,</li> <li>bada zderzenia ciał oraz wyznacza masę lub prędkość jednego z ciał, korzystając z zasady zachowania pędu,</li> <li>bada związek między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem w ruchu jednostajnym po okręgu,</li> <li>wyznacza wartość współczynnika tarcia na podstawie analizy ruchu ciała na równi.</li> </ol>	<p>18) distinguishes between inertial and non-inertial frames; discusses the differences between the description of the motion of bodies in inertial and non-inertial frames; uses the concept of inertia force;</p> <p>19) applies the principle of equivalence of inertial frames (Galileo's principle of relativity);</p> <p>20) uses the concepts of mechanical work, power, kinetic energy, potential energy along with their units; applies the principle of conservation of mechanical energy to calculations;</p> <p>21) uses the concept of efficiency of mechanical devices;</p> <p>22) interprets the area under the force versus distance graph and the area under the power versus time graph as work done;</p> <p>23) describes the motion of bodies on an inclined plane;</p> <p>24) uses the concept of hydrostatic pressure and applies it to calculations; analyses fluid balance in communicating vessels;</p> <p>25) applies Archimedes' principle to calculations and explains the conditions of floating of bodies;</p> <p>26) experimentally:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>demonstrates the effect of the inertia force, including: on the example of vehicles braking suddenly,</li> <li>studies collisions of bodies and determines the mass or speed of one of the bodies using the principle of conservation of momentum,</li> <li>examines the relationship between centripetal force and mass, linear velocity and radius in uniform circular motion,</li> <li>determines the value of the friction coefficient based on the analysis of the motion of the body on the plane.</li> </ol>
<b>3. Mechanika bryły sztywnej / 3. Rigid body mechanics</b>	
<p>Zdający:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>wyznacza położenie środka masy układu ciał;</li> </ol>	<p>The examinee:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>determines the position of the center of mass of the system of bodies;</li> </ol>

<ol style="list-style-type: none"> <li>2) stosuje pojęcie bryły sztywnej; opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi;</li> <li>3) stosuje warunki statyki bryły sztywnej; posługuje się pojęciem momentu sił wraz z jednostką;</li> <li>4) stosuje zasady dynamiki dla ruchu obrotowego; posługuje się pojęciami przyspieszenia kąowego oraz momentu bezwładności jako wielkości zależnej od rozkładu mas, wraz z ich jednostkami;</li> <li>5) oblicza energię ruchu bryły sztywnej jako sumę energii kinetycznej ruchu postępowego środka masy i ruchu obrotowego wokół osi przechodzącej przez środek masy;</li> <li>6) posługuje się pojęciem momentu pędu punktu materialnego i bryły; stosuje do obliczeń związek między momentem pędu i prędkością kątową;</li> <li>7) stosuje zasadę zachowania momentu pędu;</li> <li>8) doświadczalnie: <ol style="list-style-type: none"> <li>a) demonstruje zasadę zachowania momentu pędu,</li> <li>b) bada ruch ciał o różnych momentach bezwładności.</li> </ol> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2) uses the concept of a rigid body; describes the rotational motion of a rigid body around an axis;</li> <li>3) applies the conditions of statics of a rigid body; uses the concept of torque with a unit;</li> <li>4) applies the laws of dynamics for rotational motion; uses the concepts of angular acceleration and moment of inertia as quantities dependent on the distribution of masses, along with their units;</li> <li>5) calculates the energy of motion of a rigid body as the sum of the kinetic energy of the translational motion of the center of mass and the rotational motion around the axis passing through the center of mass;</li> <li>6) uses the concept of angular momentum of a material point and a solid; uses the relationship between angular momentum and angular velocity for calculations;</li> <li>7) applies the principle of conservation of angular momentum;</li> <li>8) experimentally: <ol style="list-style-type: none"> <li>a) demonstrates the principle of conservation of angular momentum,</li> <li>b) studies the motion of bodies with different moments of inertia.</li> </ol> </li> </ol>
--	--

#### 4. Grawitacja i elementy astronomii / 4. Gravity and elements of astronomy

<p>Zdający:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) posługuje się prawem powszechnego ciężenia do opisu oddziaływania grawitacyjnego; wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę spadania ciał;</li> <li>2) stosuje do obliczeń związek między przyspieszeniem grawitacyjnym na powierzchni planety a jej masą i promieniem;</li> <li>3) analizuje jakościowo wpływ siły grawitacji Słońca na niejednostajny ruch planet po orbitach eliptycznych i siły grawitacji planet na ruch ich księżyców;</li> </ol>	<p>The examinee:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) uses the Newton's law of universal gravitation to describe the gravitational interaction; indicates the force of gravity as the cause of falling bodies;</li> <li>2) uses for calculations the relationship between the gravitational acceleration on the planet's surface and its mass and radius;</li> <li>3) qualitatively analyses the impact of the Sun's gravitational force on the non-uniform motion of planets in elliptical orbits and the gravitational force of planets on the movement of their moons;</li> </ol>
---	---

<ol style="list-style-type: none"> <li>4) wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową w ruchu po orbicie kołowej, oblicza wartość prędkości na orbicie kołowej o dowolnym promieniu; omawia ruch satelitów wokół Ziemi;</li> <li>5) interpretuje III prawo Keplera jako konsekwencję prawa powszechnego ciężenia; stosuje do obliczeń III prawo Keplera dla orbit kołowych;</li> <li>6) interpretuje II prawo Keplera jako konsekwencję zasady zachowania momentu pędu;</li> <li>7) oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji i stosuje zasadę zachowania energii do ruchu orbitalnego; posługuje się pojęciem drugiej prędkości kosmicznej (prędkości ucieczki);</li> <li>8) opisuje stan nieważkości i stan przeciążenia oraz podaje warunki i przykłady jego występowania;</li> <li>9) opisuje budowę Układu Słonecznego; posługuje się pojęciami jednostki astronomicznej i roku świetlnego.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>4) indicates the force of gravity as the centripetal force in motion in a circular orbit, calculates the value of the velocity in a circular orbit of any radius; discusses the movement of satellites around the Earth;</li> <li>5) interprets Kepler's third law as a consequence of the law of universal gravitation; applies Kepler's third law for circular orbits to calculations;</li> <li>6) interprets Kepler's second law as a consequence of the principle of conservation of angular momentum;</li> <li>7) calculates changes in gravitational potential energy and applies the principle of conservation of energy to orbital motion; uses the concept of the second cosmic velocity (escape velocity);</li> <li>8) describes the state of weightlessness and overload and gives conditions and examples of its occurrence;</li> <li>9) describes the structure of the Solar System; uses the concepts of astronomical unit and light year.</li> </ol>
--	--

### 5. Drgania / 5. Mechanical oscillations

<p>Zdający:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) opisuje proporcjonalność siły sprężystości do wydłużenia; posługuje się pojęciem współczynnika sprężystości i jego jednostką;</li> <li>2) analizuje ruch pod wpływem siły sprężystości; posługuje się pojęciem ruchu harmonicznego; podaje przykłady takich ruchów</li> <li>3) opisuje ruch harmoniczny, posługując się pojęciami wychylenia, amplitudy, częstości kołowej i przesunięcia fazowego; rozróżnia drgania o fazach zgodnych lub przeciwnych;</li> <li>4) analizuje zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu dla ciała w ruchu drgającym harmonicznym oraz interpretuje wykresy tych zależności;</li> <li>5) stosuje do obliczeń zależność okresu małych drgań wahadła matematycznego i ciężarka na sprężynie od ich parametrów;</li> </ol>	<p>The examinee:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) describes the proportionality of elastic force to elongation; uses the concept of elasticity coefficient and its unit;</li> <li>2) analyses movement under the influence of elastic force; uses the concept of harmonic motion; gives examples of such movements</li> <li>3) describes harmonic motion using the concepts of deflection, amplitude, circular frequency and phase shift; distinguishes oscillations with consistent or opposite phases;</li> <li>4) analyses the dependences of position, velocity and acceleration on time for a body in harmonic oscillating motion and interprets the graphs of these dependences;</li> </ol>
---	--

<p>6) oblicza energię potencjalną sprężystości i uwzględnia ją w analizie przemian energii;</p> <p>7) doświadczalnie:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>demonstruje niezależność okresu drgań wahadła od amplitudy,</li> <li>bada zależność okresu drgań od długości wahadła,</li> <li>bada zależność okresu drgań ciężarka od jego masy i od współczynnika sprężystości sprężyny,</li> <li>wyznacza wartość przyspieszenia ziemskiego za pomocą wahadła matematycznego.</li> </ol>	<p>5) uses for calculations the dependence of the period of small oscillations of a mathematical pendulum and a weight on a spring on their parameters;</p> <p>6) calculates elastic potential energy and takes it into account in the analysis of energy transformations;</p> <p>7) experimentally:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>demonstrates the independence of the pendulum oscillation period from the amplitude,</li> <li>examines the dependence of the oscillation period on the length of the pendulum,</li> <li>examines the dependence of the oscillations period of the weight on its mass and on the elasticity coefficient of the spring,</li> <li>determines the value of the acceleration due to gravity using a mathematical pendulum.</li> </ol>
--	--

## 6. Termodynamika / 6. Thermodynamics

<p>Zdający:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>opisuje zjawisko rozszerzalności cieplnej: liniowej ciał stałych oraz objętościowej gazów i cieczy;</li> <li>rozdziela przekaz energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach i przekaz energii w formie pracy;</li> <li>posługuje się pojęciem energii wewnętrznej; analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii;</li> <li>opisuje przykłady współistnienia substancji w różnych fazach w stanie równowagi termodynamicznej;</li> <li>wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego oraz ciepła przemiany fazowej w analizie bilansu cieplnego;</li> <li>opisuje skokową zmianę energii wewnętrznej w przemianach fazowych;</li> </ol>	<p>The examinee:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>describes the phenomenon of thermal expansion: linear expansion of solids and volumetric expansion of gases and liquids;</li> <li>distinguishes between the transfer of energy in the form of heat between systems with different temperatures and the transfer of energy in the form of work;</li> <li>uses the concept of internal energy; analyses the first law of thermodynamics as the law of conservation of energy;</li> <li>describes examples of the coexistence of substances in different phases in a state of thermodynamic equilibrium;</li> <li>uses the concepts of specific heat and phase change heat in the analysis of heat balance;</li> <li>describes a step change in internal energy during phase transformations;</li> </ol>
---	---

<p>7) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych; rozróżnia przemiany: izotermiczną, izobaryczną, izochoryczną i adiabatyczną gazów;</p> <p>8) posługuje się założeniami teorii kinetyczno-molekularnej gazu doskonałego;</p> <p>9) opisuje związek pomiędzy temperaturą w skali Kelvina a średnią energią ruchu cząsteczek i energią wewnętrzną gazu doskonałego;</p> <p>10) analizuje wykresy przemian gazu doskonałego;</p> <p>11) stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu;</p> <p>12) posługuje się pojęciem ciepła molowego gazu; interpretuje związek między ciepłem molowym przy stałym ciśnieniu a ciepłem molowym w stałej objętości dla gazu doskonałego;</p> <p>13) analizuje przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w silnikach i pompach cieplnych;</p> <p>14) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne, oblicza sprawność silników cieplnych;</p> <p>15) doświadczalnie:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>demonstruje rozszerzalność cieplną wybranych ciał stałych,</li> <li>bada proces wyrównywania temperatury ciał i posługuje się bilansem cieplnym,</li> <li>demonstruje stałość temperatury podczas przemiany fazowej.</li> </ol>	<p>7) applies the first law of thermodynamics to the analysis of gas transformations; distinguishes isothermal, isobaric, isochoric and adiabatic transformations of gases;</p> <p>8) uses the assumptions of the kinetic-molecular theory of an ideal gas;</p> <p>9) describes the relationship between the temperature on the Kelvin scale and the average energy of molecular motion and the internal energy of an ideal gas;</p> <p>10) analyses diagrams of ideal gas transformations;</p> <p>11) uses the ideal gas equation (Clapeyron equation) to determine gas parameters;</p> <p>12) uses the concept of molar heat of a gas; interprets the relationship between the molar heat at constant pressure and the molar heat at constant volume for an ideal gas;</p> <p>13) analyses the flow of energy in the form of heat and mechanical work in engines and heat pumps;</p> <p>14) analyses the presented thermodynamic cycles, calculates the efficiency of heat engines;</p> <p>15) experimentally:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>demonstrates the thermal expansion of selected solids,</li> <li>examines the process of equalizing the temperature of bodies and uses heat balance,</li> <li>demonstrates temperature constancy during a phase transition.</li> </ol>
---	---

### 7. Elektrostatyka / 7. Electrostatics

<p>Zdający:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>posługuje się zasadą zachowania ładunku;</li> <li>oblicza wartość siły wzajemnego oddziaływania ładunków stosując prawo Coulomba;</li> <li>posługuje się wektorem natężenia pola elektrycznego wraz z jego jednostką; ilustruje graficznie pole elektryczne za pomocą linii pola;</li> </ol>	<p>The examinee:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>uses the principle of conservation of electric charge;</li> <li>calculates the value of the force between charges using Coulomb's law;</li> <li>uses the electric field intensity vector with its unit; graphically illustrates the electric field using field lines; interprets the density of</li> </ol>
---	--

<p>interpretuje zagęszczenie linii pola jako miarę natężenia pola; rozróżnia pole centralne i pole jednorodne;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4) analizuje natężenie pola wytwarzanego przez układ ładunków punktowych i oblicza jego wartość;</li> <li>5) analizuje ruch cząstek naładowanych w polu elektrycznym;</li> <li>6) analizuje pracę jako zmianę energii potencjalnej podczas przemieszczenia ładunku w polu elektrycznym;</li> <li>7) oblicza zmianę energii ładunku w polu jednorodnym;</li> <li>8) opisuje ilościowo pole elektryczne wewnątrz kondensatora płaskiego;</li> <li>9) doświadczalnie: ilustruje pole elektryczne oraz układ linii pola wokół przewodnika.</li> </ol>	<p>field lines as a measure of field intensity; distinguishes central field and homogeneous field;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4) analyses the intensity of the field generated by the system of point charges and calculates its value;</li> <li>5) analyses the movement of charged particles in an electric field;</li> <li>6) analyses work as a change in potential energy during the displacement of a charge in an electric field;</li> <li>7) calculates the change in charge energy in a uniform field;</li> <li>8) describes quantitatively the electric field inside a flat capacitor;</li> <li>9) experimentally: illustrates the electric field and the arrangement of field lines around the conductor</li> </ol>
---	--

### 8. Prąd elektryczny / 8. Electric current

<p>Zdający:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) opisuje przewodnictwo w metalach, elektrolitach i gazach;</li> <li>2) posługuje się pojęciami natężenia prądu elektrycznego, napięcia elektrycznego oraz mocy wraz z ich jednostkami;</li> <li>3) analizuje zależność oporu od wymiarów przewodnika, posługuje się pojęciem oporu właściwego materiału i jego jednostką;</li> <li>4) rozróżnia metale i półprzewodniki; omawia zależność oporu od temperatury dla metali i półprzewodników;</li> <li>5) stosuje do obliczeń proporcjonalność natężenia prądu stałego do napięcia dla przewodników (prawo Ohma);</li> <li>6) analizuje charakterystykę prądowo-napięciową elementów obwodu (zgodną lub niezgodną z prawem Ohma);</li> <li>7) posługuje się pojęciami oporu wewnętrznego i siły elektromotorycznej jako cechami źródła;</li> <li>8) stosuje do obliczeń związek mocy wydzielonej na oporniku (ciepła Joule'a-Lenza) z natężeniem prądu i oporem oraz napięciem i oporem;</li> </ol>	<p>The examinee:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) describes conductivity in metals, electrolytes and gases;</li> <li>2) uses the concepts of electric current, electric voltage and power along with their units;</li> <li>3) analyses the dependence of resistance on the dimensions of the conductor, uses the concept of specific material resistance and its unit;</li> <li>4) distinguishes metals and semiconductors; discusses the dependence of resistance on temperature for metals and semiconductors;</li> <li>5) uses the proportionality of direct current to voltage for conductors in calculations (Ohm's law);</li> <li>6) analyses the current-voltage characteristics of the circuit elements (consistent or inconsistent with Ohm's law);</li> <li>7) uses the concepts of internal resistance and electromotive force as source characteristics;</li> </ol>
---	--

<p>9) wykorzystuje dane znamionowe urządzeń elektrycznych do obliczeń;</p> <p>10) interpretuje I prawo Kirchhoffa jako przykład zasady zachowania ładunku;</p> <p>11) analizuje dodawanie i odejmowanie napięć w obwodzie z uwzględnieniem źródeł i odbiorników energii (II prawo Kirchhoffa);</p> <p>12) posługuje się pojęciem oporu zastępczego; oblicza opór zastępczy układu oporników połączonych szeregowo lub równolegle;</p> <p>13) opisuje funkcję diody półprzewodnikowej jako elementu przewodzącego w jednym kierunku; przedstawia jej zastosowanie w prostownikach;</p> <p>14) doświadcza:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>demonstruje I prawo Kirchhoffa,</li> <li>bada dodawanie napięć w układzie ogniwo połączonych szeregowo,</li> <li>demonstruje rolę diody jako elementu składowego prostowników,</li> <li>bada charakterystykę prądowo-napięciową żarówki.</li> </ol>	<p>8) uses for calculations the relationship of the power dissipated in the resistor (Joule-Lenz heat) with the current intensity and resistance as well as voltage and resistance;</p> <p>9) uses the rated data of electrical devices for calculations;</p> <p>10) interprets Kirchhoff's first law as an example of the principle of conservation of charge;</p> <p>11) analyses the addition and subtraction of voltages in a circuit, taking into account energy sources and receivers (Kirchhoff's second law);</p> <p>12) uses the concept of substitute resistance; calculates the equivalent resistance of a system of resistors connected in series or parallel;</p> <p>13) describes the function of a semiconductor diode as an element conducting in one direction; presents its application in rectifiers;</p> <p>14) experimentally:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>demonstrates Kirchhoff's first law,</li> <li>examines the addition of voltages in a system of cells connected in series,</li> <li>demonstrates the role of the diode as a component of rectifiers,</li> <li>examines the current-voltage characteristics of the bulb.</li> </ol>
---	---

### 9. Magnetyzm / 9. Magnetism

<p>Zdający:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>posługuje się pojęciem pola magnetycznego; rysuje linie pola magnetycznego w pobliżu magnesów stałych i przewodników z prądem (przewodnik prostoliniowy, zwojnica);</li> <li>posługuje się pojęciem wektora indukcji magnetycznej wraz z jego jednostką, analizuje oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem oraz na poruszającą się cząstkę naładowaną (siła elektrodynamiczna, siła Lorentza);</li> <li>analizuje tor cząstki naładowanej w jednorodnym polu magnetycznym;</li> </ol>	<p>The examinee:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>uses the concept of magnetic field; draws magnetic field lines near permanent magnets and current-carrying conductors (straight conductor, coil);</li> <li>uses the concept of the magnetic field vector with its unit, analyses the impact of the magnetic field on a current-carrying conductor and on a moving charged particle (electrodynamic force, Lorentz force);</li> <li>analyses the trajectory of a charged particle moving in a uniform magnetic field;</li> </ol>
--	---

<p>4) rysuje siły działające na pętlę z przewodnika w jednorodnym polu magnetycznym; na podstawie tego rysunku omawia zasadę działania silnika elektrycznego;</p> <p>5) stosuje do obliczeń związek wartości indukcji pola magnetycznego i natężenia prądu dla prostoliniowego przewodnika i długiej zwojnicy;</p> <p>6) analizuje siłę oddziaływania dwóch długich przewodników prostoliniowych; posługuje się definicją ampera;</p> <p>7) opisuje jakościowo podstawowe właściwości oraz zastosowania ferromagnetyków;</p> <p>8) oblicza strumień pola magnetycznego przez powierzchnię, stosuje jednostkę strumienia;</p> <p>9) opisuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej; stosuje regułę Lenza; opisuje przemiany energii podczas działania prądnic;</p> <p>10) oblicza siłę elektromotoryczną indukcji jako szybkość zmiany strumienia;</p> <p>11) opisuje cechy prądu przemiennego; posługuje się pojęciem napięcia i natężenia skutecznego; oblicza napięcie i natężenie skuteczne dla przebiegu sinusoidalnego;</p> <p>12) opisuje jakościowo współzależność zmian pola magnetycznego i elektrycznego oraz rozchodzenie się fal elektromagnetycznych;</p> <p>13) doświadczalnie:</p> <p>a) ilustruje układ linii pola magnetycznego,</p> <p>b) demonstruje zjawisko indukcji elektromagnetycznej i jego związek ze względnym ruchem magnesu i zwojnicy oraz ze zmianą natężenia prądu w elektromagnesie.</p>	<p>4) draws the forces acting on a loop of a conductor in a uniform magnetic field; based on this drawing, discusses the principle of operation of an electric motor;</p> <p>5) uses the relationship between the magnetic field vector value and current strength for a straight conductor and a long coil for calculations;</p> <p>6) analyses the force of interaction between two long straight conductors; uses the definition of ampere;</p> <p>7) qualitatively describes the basic properties and applications of ferromagnetics;</p> <p>8) calculates the magnetic field flux through the surface, uses the flux unit;</p> <p>9) describes the phenomenon of electromagnetic induction; applies Lenz's rule; describes energy transformations during generator operation;</p> <p>10) calculates the electromotive force of induction as the rate of flux change;</p> <p>11) describes the features of alternating current; uses the concepts of voltage and effective current; calculates the rms voltage and current for a sinusoidal waveform;</p> <p>12) describes qualitatively the interdependence of changes in the magnetic and electric fields and the propagation of electromagnetic waves;</p> <p>13) experimentally:</p> <p>a) illustrates the system of magnetic field lines,</p> <p>b) demonstrates the phenomenon of electromagnetic induction and its relationship with the relative motion of the magnet and the coil and with the change in current in the electromagnet.</p>
<b>10. Fale i optyka / 11. Waves and optics</b>	
Zdający:	The examinee:

<ol style="list-style-type: none"> <li>1) analizuje rozchodzenie się fal na powierzchni wody i dźwięku w powietrzu na podstawie obrazu powierzchni falowych;</li> <li>2) posługuje się pojęciem natężenia fali wraz z jej jednostką (<math>W/m^2</math>) oraz proporcjonalnością do kwadratu amplitudy;</li> <li>3) opisuje zależność natężenia i amplitudy fali kulistej od odległości od punktowego źródła;</li> <li>4) opisuje widmo światła białego jako mieszaniny fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach;</li> <li>5) opisuje światło laserowe jako skolimowaną wiązkę światła monochromatycznego o zgodnej fazie;</li> <li>6) stosuje prawo odbicia i prawo załamania fal na granicy dwóch ośrodków; posługuje się pojęciem współczynnika załamania ośrodka; oblicza kąt graniczny;</li> <li>7) opisuje działanie światłowodu jako przykład wykorzystania zjawiska całkowitego wewnętrznego odbicia;</li> <li>8) opisuje jakościowo związek pomiędzy dyfrakcją na szczeliny a szerokością szczeliny i długością fali;</li> <li>9) stosuje zasadę superpozycji fal; wyjaśnia zjawisko interferencji fal; podaje warunki wzmocnienia oraz wygaszenia się fal;</li> <li>10) opisuje zależność przestrzennego obrazu interferencji od długości fali i odległości między źródłami;</li> <li>11) analizuje efekt Dopplera dla fal w przypadku, gdy źródło lub obserwator poruszają się znacznie wolniej niż fala; podaje przykłady występowania tego zjawiska;</li> <li>12) rozróżnia fale poprzeczne i podłużne; opisuje światło jako falę elektromagnetyczną poprzeczną; rozróżnia światło spolaryzowane i niespolaryzowane;</li> <li>13) opisuje obraz powstający po przejściu światła przez siatkę dyfrakcyjną; stosuje do obliczeń związek między kątem dyfrakcji, stałą siatki i długością fali;</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) analyses the propagation of waves on the water surface and sound in the air based on the image of wave surfaces;</li> <li>2) uses the concept of wave intensity along with its unit (<math>W/m^2</math>) and proportionality to the square of the amplitude;</li> <li>3) describes the dependence of the intensity and amplitude of a spherical wave on the distance from a point source;</li> <li>4) describes the spectrum of white light as a mixture of electromagnetic waves of different frequencies;</li> <li>5) describes laser light as a collimated beam of monochromatic light with a consistent phase;</li> <li>6) applies the law of reflection and refraction of waves at the boundary of two media; uses the concept of the refractive index of a medium; calculates the limit angle;</li> <li>7) describes the operation of optical fiber as an example of the use of the phenomenon of total internal reflection;</li> <li>8) describes qualitatively the relationship between slit diffraction, slit width and wavelength;</li> <li>9) applies the principle of wave superposition; explains the phenomenon of wave interference; gives the conditions of wave amplification and extinction;</li> <li>10) describes the dependence of the spatial interference image on the wavelength and the distance between the sources;</li> <li>11) analyses the Doppler effect for waves when the source or observer moves much slower than the wave; gives examples of this phenomenon;</li> <li>12) distinguishes between transverse and longitudinal waves; describes light as a transverse electromagnetic wave; distinguishes polarized and unpolarized light;</li> <li>13) describes the image created after light passes through a diffraction grating; uses the relationship between the diffraction angle, grating constant and wavelength for calculations;</li> </ol>
--	---

<p>14) opisuje jakościowo zależność ogniskowej soczewki od jej krzywizny oraz współczynnika załamania;</p> <p>15) rysuje konstrukcyjnie obrazy wytworzone przez soczewki; stosuje do obliczeń równanie soczewki;</p> <p>16) doświadczalnie:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>obserwuje zmiany natężenia światła po przejściu przez dwa polaryzatory ustawione równoległe i prostopadle,</li> <li>obserwuje zjawisko dyfrakcji fali na szczelinie,</li> <li>obserwuje zjawisko interferencji fal,</li> <li>wyznacza wartość współczynnika załamania światła z pomiaru kąta granicznego,</li> <li>bada związek między ogniskową soczewki a położeniami przedmiotu i obrazu.</li> </ol>	<p>14) describes qualitatively the relationship between the focal length of a lens and its curvature and refractive index;</p> <p>15) draws structurally images created by lenses; uses the lens equation for calculations;</p> <p>16) experimentally:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>observes changes in light intensity after passing through two polarizers placed parallel and perpendicular,</li> <li>observes the phenomenon of wave diffraction on a slit,</li> <li>observes the phenomenon of wave interference,</li> <li>determines the value of the refractive index from the measurement of the boundary angle,</li> <li>e) examines the relationship between the focal length of the lens and the positions of the object and image.</li> </ol>
--	---

### 11. Fizyka atomowa / 11. Atomic physics

<p>Zdający:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>opisuje dualizm korpuskularno-falowy światła; stosuje pojęcie fotonu oraz jego energii;</li> <li>rozdziela widma emisyjne i absorpcyjne gazów; interpretuje linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach z emisją lub absorpcją kwantu światła; rozdziela stany podstawowy i stany wzbudzone atomu;</li> <li>analizuje seryjny układ linii widmowych na przykładzie widma atomu wodoru; oblicza różnice energii pomiędzy poziomami energetycznymi w atomie wodoru;</li> <li>posługuje się pojęciem pędu fotonu; stosuje zasadę zachowania energii i zasadę zachowania pędu do opisu emisji i absorpcji przez swobodne atomy; opisuje odrzut atomu emitującego kwant światła;</li> <li>opisuje zjawiska jonizacji i fotoelektryczne jako wywołane tylko przez promieniowanie o częstotliwości większej od granicznej;</li> </ol>	<p>The examinee:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>describes the particle-wave duality of light; uses the concept of photon and its energy;</li> <li>distinguishes emission and absorption spectra of gases; interprets spectral lines as the result of transitions between energy levels in atoms with the emission or absorption of a light quantum; distinguishes the ground state and excited states of the atom;</li> <li>analyses the serial arrangement of spectral lines on the example of the spectrum of the hydrogen atom; calculates energy differences between energy levels in the hydrogen atom;</li> <li>uses the concept of photon momentum; applies the principle of conservation of energy and the principle of conservation of momentum to describe emission and absorption by free atoms; describes the recoil of an atom emitting a quantum of light;</li> <li>describes ionization and photoelectric phenomena as caused only by radiation with a frequency higher than the cut-off frequency;</li> </ol>
---	---

6) doświadczalnie: obserwuje widma atomowe za pomocą siatki dyfrakcyjnej.	6) experimentally: observes atomic spectra using a diffraction grating.
<b>12. Fizyka jądrowa / 12. Nuclear physics.</b>	
<p>Zdający:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) wskazuje niezależność prędkości światła w próżni od prędkości źródła i prędkości obserwatora;</li> <li>2) posługuje się związkiem między energią całkowitą, masą cząstki i jej prędkością; posługuje się pojęciem energii spoczynkowej;</li> <li>3) opisuje równoważność masy i energii spoczynkowej;</li> <li>4) wskazuje prędkość światła w próżni jako maksymalną prędkość przekazu energii i informacji;</li> <li>5) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; opisuje skład jądra atomowego na podstawie liczb masowej i atomowej;</li> <li>6) zapisuje reakcje jądrowe stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku;</li> <li>7) stosuje zasadę zachowania energii do opisu reakcji jądrowych; posługuje się pojęciem energii wiązania;</li> <li>8) oblicza dla dowolnego izotopu energię spoczynkową, deficyt masy i energię wiązania;</li> <li>9) wymienia właściwości promieniowania jądrowego; opisuje rozpady alfa, beta (<math>\beta^+</math>, <math>\beta^-</math>);</li> <li>10) posługuje się pojęciem jądra stabilnego i niestabilnego; opisuje powstawanie promieniowania gamma;</li> <li>11) opisuje przypadkowy charakter rozpadu jąder atomowych;</li> <li>12) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego; posługuje się pojęciem czasu połowicznego rozpadu;</li> <li>13) opisuje reakcję rozszczepienia jądra uranu <math>^{235}\text{U}</math> zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu.</li> </ol>	<p>The examinee:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) indicates the independence of the speed of light in vacuum from the speed of the source and the speed of the observer;</li> <li>2) uses the relationship between the total energy, particle mass and its velocity; uses the concept of rest energy;</li> <li>3) describes the equivalence of mass and rest energy;</li> <li>4) indicates the speed of light in a vacuum as the maximum speed of energy and information transfer;</li> <li>5) uses the terms element, atomic nucleus, isotope, proton, neutron, electron; describes the composition of the atomic nucleus based on mass and atomic numbers;</li> <li>6) writes nuclear reactions using the principle of conservation of the number of nucleons and the principle of conservation of charge;</li> <li>7) applies the principle of conservation of energy to describe nuclear reactions; uses the concept of binding energy;</li> <li>8) calculates the rest energy, mass deficit and binding energy for any isotope;</li> <li>9) lists the properties of nuclear radiation; describes alpha and beta decays (<math>\beta^+</math>, <math>\beta^-</math>);</li> <li>10) uses the concept of stable and unstable nucleus; describes the formation of gamma radiation;</li> <li>11) describes the random nature of the decay of atomic nuclei;</li> <li>12) describes the decay of a radioisotope; uses the concept of half-life;</li> <li>13) describes the fission reaction of the uranium <math>^{235}\text{U}</math> nucleus occurring as a result of the absorption of a neutron.</li> </ol>