

**Recenzja po przetestowanie e-doświadczeń,  
umieszczonych na stronie internetowej projektu „e-Doświadczenia w fizyce”  
<http://e-doswiadczenia.mif.pg.gda.pl> (wersje off-line)  
oraz <http://pled.e-doswiadczenia.mif.pg.gda.pl>  
(wersje on-line)**

## **Uwagi szczegółowe do poszczególnych e-doświadczeń**

### **1. Wahadło matematyczne**

#### **Podręcznik dla uczniów**

Na str. 10 autor wprowadza pojęcia „Wielkości fizyczne mierzalne pośrednio i bezpośrednio” tymczasem w szkołach wielkości fizyczne dzielą się na podstawowe i złożone, zgodnie z nazewnictwem stosowanym w układzie SI. Dalej autor pisze „Takie wielkości fizyczne, które można zmierzyć wprost przy użyciu jednego przyrządu, nazywamy wielkościami mierzalnymi bezpośrednio. Niestety, nie ma takiego przyrządu, który pozwoli nam bezpośrednio zmierzyć stała przyspieszenia grawitacyjnego. Co więcej, nie jest to wielkość, która można bezpośrednio dotknąć, czy choćby zobaczyć. Wniosek: przyspieszenie grawitacyjne nie jest wielkością mierzalną bezpośrednio.” My fizycy wiemy o co chodzi, natomiast współczesny uczeń (i nauczyciel) może mieć z tym problem, bo np. moi uczniowie ściągają na swój smartfon darmową aplikację do pomiaru przyspieszenia grawitacyjnego, która pozwala w każdej chwili w dowolnym miejscu zmierzyć przyspieszenie grawitacyjne i wyświetla jego wartość z całkiem niezłą dokładnością. Oczywiście dla uczniów pomiar jest bezpośredni za pomocą jednego przyrządu, jakim dla nich jest telefon komórkowy. To dodatkowy argument za tym aby pozostać przy podziale wielkości fizycznych na podstawowe i złożone.

Na str. 10 w akapicie dotyczącym układów inercjalnych i nieinercjalnych autor pisze „Zapewne każdy czytelnik odpowie, że laboratorium fizyczne nie porusza się, natomiast winda i pociąg – owszem.” co jest nieprawdą, o czym autor pisze na str.24 „Tak jest w rzeczywistości, nasz układ odniesienia jest nieinercjalnym ponieważ stoimy na Ziemi, która wykonuje ruch obrotowy.”. Koniecznie należy dodać wyjaśnienie dlaczego Ziemię możemy raz traktować jako układ inercjalny a innym razem jako nieinercjalny.

#### **e-doświadczenie**

1. Nie można powiększyć okna e-Doświadczenia na cały ekran – wada w przypadku pracy na lekcji z użyciem rzutnika multimedialnego i/lub tablicy interaktywnej.
2. Przy małej długości wahadła bez zbliżenia pomiar okresu jest trudny do wykonania, a po zbliżeniu grafika „rozjeżdża się” np. linka wahadła staje się łamaną.
3. W ćwiczeniu „Wahadło Foucaulta” przy niektórych ustawieniach widoku grafika przestaje poprawnie funkcjonować, następują przeskoki obrazu (podobnie jakby w filmie pomijane były niektóre klatki), widok krzywej kreślonej przez wahadło na podłodze staje się czerwoną plamą

### **2. Ława optyczna**

#### **Podręcznik dla uczniów**

Str. 1 – definicja soczewki podana przez autora za Wikipedią „Soczewka to proste urządzenie optyczne, składające się z jednego lub kilku sklejonych razem bloków przezroczystego materiału, zwykle szkła, ale też różnych tworzyw sztucznych, żeli lub minerałów.”,

tymczasem w większości podręczników szkolnych, słowników szkolnych i encyklopedii fizycznych definicja jest zbliżona do następującej: „Soczewka optyczna, bryła z przezroczystego materiału, ograniczona (przynajmniej z jednej strony) sferycznymi powierzchniami; stanowi podstawowy element układów optycznych.” (Encyklopedia szkolna - Fizyka z Astronomią, WSiP, Warszawa 2002).

Str. 2 – w definicji ogniska i ogniskowej „Każda soczewka posiada oś optyczną i punkt, w którym skupia się wiązka światła równoległa do osi optycznej, zwany **ogniskiem** soczewki.” autor używa pojęcia osi optycznej, którego definicji nie podaje w podręczniku dla ucznia.

Bardzo dobry pomysł na ćwiczenia (eksperymenty) wykorzystujące różne metody wyznaczania ogniskowej soczewki z analizą niepewności pomiarów.

### **e-doświadczenie**

1. Wykres tworzony z wzoru – niepotrzebne połączenie punktów z tabeli

## **2. Równia pochyła**

### **Podręcznik dla uczniów**

Str. 1 – autor pisze „Równia pochyła jest jedna z sześciu klasycznych maszyn prostych, tzn. takich, które zmieniają kierunek lub wartość siły. Pozostałymi są: dźwignia, kołowrót, blok, klin i śruba.” – nie rozumiem co oznacza termin „klasycznych” czy są jakieś inne maszyny proste „nieklasyczne”? Do definicji maszyn prostych warto moim zdaniem dopisać zdanie: „Wszystkie maszyny proste można sprowadzić do kombinacji dwu lub więcej dźwigni (jedno- lub dwuramiennych) oraz równi pochyłych.”

Str. 3 – W instrukcji do Ćwiczenie 1. Jakim ruchem poruszają się klocki na równi? – odnajdujemy punkt: "Nachyl równię pod kątem większym od  $35^\circ$  (zwróć uwagę, że na kątomierzu odczytujemy kat, jaki równia tworzy ze stołem, a nie kąt, przy którym umieszczony jest kątomierz!)." Należy umieścić kątomierz, tak aby mierzył kąt równi ze stołem, albo w ostateczności pozostawić uczniowi wykonującemu e-doświadczenie obliczenie tego kąta.

### **e-doświadczenie**

1. Przy wciśnięciu przycisku „Pokaż składowe siły ciężkości” brakuje linii pomocniczych domykających rozkład do równoległoboku.
2. W doświadczeniach z bloczkami bloczki są praktycznie niewidoczne (autorzy chcąc zachować skalę między długością równi o rozmiarach bloczka spowodowali, że bloczek staje się na ekranie kropką – tu wyraźnie przydałaby się możliwość powiększenia widoku okna do pełnego ekranu i/lub powiększania za pomocą opcji zoom podobnie jak w przypadku wahadła matematycznego.

## **3. Zderzenia sprężyste i niesprężyste**

### **Podręcznik dla uczniów**

Str. 1 – dwukrotnie powtórzony jest ten sam akapit „zderzenia sprężyste i niesprężyste”

### **e-doświadczenie**

1. Przy wciśnięciu przycisku „Pokaż wektory prędkości” lub „Pokaż wektory pędu” brakuje linii pomocniczych domykających rozkład wektorów do równoległoboku.

2. W doświadczeniach zdarza się często, że widok wektora prędkości i jego składowych jest nieczytelny (wszystkie wektory mają tak małe długości, że zlewają się). Podobnie jest w przypadku wektorów pędu.
3. Użycie kulek uranowych, bez jakiegokolwiek komentarza na temat niebezpieczeństwa związanego z promieniotwórczością uranu jest nie do zaakceptowania. Należy usunąć kulki uranowe lub wstawić kulki z bardziej bezpiecznego materiału.
4. Nie udaje się uruchomienie odtwarzania nagrania doświadczenia w części kołyska Newtona – przycisk „kamera” jest nieaktywny po zakończeniu nagrywania, pomimo informacji (rec) o dokonaniu nagrania.

## 5. Rzuty

### Podręcznik dla uczniów

Zalety: mnogość wariantów możliwość tworzenia własnych ćwiczeń. Opis i analiza składania i rozkładania ruchów i wektorów na przykładzie rzutów i wektorów prędkości. Symulacja warunków naturalnych przez wprowadzenie czynnika występującego w przyrodzie – prędkość wiatru.

### e-doświadczenie

1. Po wyborze opcji „Pokaż wektory prędkości” brakuje linii pomocniczych domykających rozkład wektorów do równoległoboku. W dolnych położeniach kulki obcinane są wektory prędkości – dolny panel zasłania wektory prędkości.

## 6. Bryła sztywna

### Podręcznik dla uczniów

Brakuje definicji środka masy, które jest kluczowe dla analizy ruchu bryły sztywnej. Brakuje ćwiczenia dotyczącego zasady zachowania momentu pędu – oczywiście zarówno uczeń jak i nauczyciel może wykazać się własną pomysłowością i kreatywnością, ponieważ e-doświadczenie umożliwia zaplanowanie i przeprowadzenie takiego ćwiczenia.

### e-doświadczenie

Bez uwag.

## 7. Ruch ciał niebieskich

### Podręcznik dla uczniów

Brakuje definicji środka masy, które jest kluczowe dla analizy ruchu bryły sztywnej. Brakuje ćwiczenia dotyczącego zasady zachowania momentu pędu – oczywiście zarówno uczeń jak i nauczyciel może wykazać się własną pomysłowością i kreatywnością, ponieważ e-doświadczenie umożliwia zaplanowanie i przeprowadzenie takiego ćwiczenia.

### e-doświadczenie

1. W symulacjach planety są często praktycznie niewidoczne (autorzy chcąc zachować skalę między odległością między obiektami a ich rozmiarami spowodowali, że obiekt staje się na ekranie kropką) – tu nie pomaga możliwość powiększenia obrazu za pomocą opcji zoom, natomiast bardzo przydałaby się możliwość powiększenia widoku okna do pełnego ekranu.
2. Opcja „Rysuj promień wodzący co .... dni” nie działa, promienie wodzące są niewidoczne niezależnie od wyboru liczby dni.

3. Praktycznie niewidoczne jest, że planety mają orbity w różnych płaszczyznach (patrz np. na ćwiczenie „Układ Słoneczny”).
4. Wskazane jest dodanie opcji „Wyświetl opisy planet”, która umożliwi wyświetlanie lub wyłącznie nazw obiektów w Układzie Słonecznym lub oznaczeń gwiazd i planet (Gwiazda 1, Planeta 1 itd.) w tworzonych układach planetarnych.

## 8. Mechanika cieczy

### Podręcznik dla uczniów

Bez uwag.

#### e-doświadczenie

1. W niektórych ćwiczeniach (np.. w ćwiczeniu 10 ze str. 25 podręcznika dla ucznia) nie zawsze można wykonać e-doświadczenie, bo pomimo wykonania instrukcji i wyborze ustawień zalecanych w opisie ćwiczenia nie pojawia się przycisk uruchom i nie można wykonać ćwiczenia (zdarza się, że za dla pierwszego klocka wszystko działa, ale dla następnego już nie). Czasem pomaga ponowne uruchomienie aplikacji.

## 9. Pole elektryczne

### Podręcznik dla uczniów

Bez uwag.

#### e-doświadczenie

1. Bez uwag.

## 10. Kalorymetria

### Podręcznik dla uczniów

Na stronie 2 podręcznika czytamy: „Powszechnie używana skala temperatur jest skala Celsjusza. Skala ta została podana przez szwedzkiego uczonego Andersa Celsiusa w 1742 roku i początkowo była nazywana skala stustopniowa. Była skala alternatywna do istniejącej już skali Fahrenheita. Skala ta została opracowana w oparciu o własności wody, gdzie 0 stopni przypisano temperaturze zamarzania wody, zaś 100 stopni przypisano temperaturze wrzenia wody (pod ciśnieniem normalnym, 755 mm Hg).” **Tymczasem powinno być:** „Skala, którą zaproponował Celsius była odwrotna do współczesnej. Naukowiec ten przyjął jako zero temperaturę wrzenia wody (obecnie zerem jest temperatura jej krzepnięcia), a jako sto stopni wybrał punkt, w którym woda zamarza (współcześnie za 100 przyjęto punkt wrzenia). Oznacza to, że w pierwotnej skali Celsiusa temperatura pokojowa odpowiadała 80 stopniom (dziś 20) Dopiero później naukowcy doszli do wniosku, że lepiej połączyć wzrost liczby stopni z procesem ocieplania. Wielu badaczy, między innymi Elvius ze Szwecji (1710), Christian of Lyons (1743) i Karol Linneusz (1740), zwracało uwagę na odwrotność wielu zjawisk do zaproponowanego układu temperatur. W efekcie temperatura wrzenia i zamarzania zostały zamienione miejscami i przyjęto znaną nam współcześnie skalę temperatur.” (za Wikipedią).

Na str. 6 i 7 autorzy używają sformułowań „Ciepło pobrane przez substancję zimną:” i „Ciepło oddane przez substancję ciepłą:”, które są nieściśle (używane w mowie potocznej lub żargonie zawodowym fizyków) i prowadzą do uczniów do błędnego rozumienia i interpretacji zjawisk fizycznych. Należy poprawić na sformułowania „Ciepło pobrane przez substancję o niższej temperaturze:” i „Ciepło oddane przez substancję o wyższej temperaturze:”. Podobnie nieściśle i niepełne są definicje temperatury (str. 2) i ciepła (str. 3) .

Kwestia terminologii jest ważna ze względu na konieczną w nauczaniu-uczeniu się jednoznaczność i poprawność używanych przez ucznia pojęć i terminów.

**e-doświadczenie**

1. Bez uwag.

## 11. Drgania mechaniczne

**Podręcznik dla uczniów**

Bez uwag.

**e-doświadczenie**

1. Brak możliwości powiększenia okna na cały ekran i opcji zoom na drgający ciężarek powoduje, że niezbyt dobrze widoczny jest rozkład sił (szczególnie przy małych masach).

## 12. Eksperymenty myślowe Einsteina

**Podręcznik dla uczniów**

Bez uwag.

**e-doświadczenie**

Bez uwag.

## 13. Kondensatory

**Podręcznik dla uczniów**

Bez uwag.

**e-doświadczenie**

1. Bez uwag

## 14. Pole magnetyczne

**Podręcznik dla uczniów**

Na str.2 autor pisze „W 1785 roku Coulomb opisał prawo wzajemnego oddziaływania mas magnetycznych, co przedstawiono wzorem (2.1), jednak z biegiem czasu pojecie mas magnetycznych wyszło z użycia, a w konsekwencji tego siły magnetyczne przestano traktować jako skutek ich istnienia.” i kontynuuje na str.3 „Podobnie jak w polu elektrycznym siła Coulomba określała nam oddziaływanie między dwoma ładunkami elektrycznymi, tak i w przypadku magnesów da się opisać siłę z jaką oddziałują na siebie oba bieguny. Siłę tę można przedstawić wzorem.

$$F_m = \frac{\mu}{4\pi r^2} q_{m1} q_{m2}, \quad (2.1) \text{ ”. Tymczasem wzór (2.1) i pojęcie mas}$$

magnetycznych ma w praktyce szkolnej wartość historyczną (o czym pisze autor w pierwszym cytowanym fragmencie) i należy prawo Coulomba dla mas magnetycznych pominąć.

Na str. 7 Ćwiczenie 1 ma tytuł „Budowa magnesów trwałych” proponuję bardziej odpowiedni moim zdaniem tytuł „Badanie pola magnetycznego magnesów trwałych – czy istnieje magnes z jednym biegunem?”.

### **e-doświadczenie**

1. Bardzo dobry pomysł na funkcjonalność , umożliwiającą obejrzenie trójwymiarowej animacji prezentującej wygląd stanowisk, uruchamianej przyciskiem pokaż stanowisko.
2. Brakuje ćwiczenia polegającego na badaniu dwóch magnesów otrzymanych z przecięcia jednego większego magnesu i poszukiwania odpowiedzi na pytanie: Czy istnieje monopol magnetyczny?

## 15. Właściwości gazów.

### **Podręcznik dla uczniów**

Bez uwag.

### **e-doświadczenie**

1. W tym e-doświadczeniu wprowadzono opcję „tworzenia wykresów automatycznych”, która może usprawnić wykonywanie ćwiczeń na lekcjach przez nauczyciela i ułatwić pracę mniej zdolnym uczniom.

## 16. Laboratorium dźwięku.

### **Podręcznik dla uczniów**

Bez uwag.

### **e-doświadczenie**

Bez uwag

## 17. Obwody prądu stałego.

### **Podręcznik dla uczniów**

Na stronie 14 tytuł Ćwiczenia 5 brzmi „Badanie zależności oporu od grubości drutu” tymczasem powinno być „Badanie zależności oporu od średnicy drutu”.

### **e-doświadczenie**

1. Bez uwag

## 18. Cewki i indukcja.

### **Podręcznik dla uczniów**

Na stronie 1 autor pisze „Pokazane zostanie indukowanie siły elektromotorycznej w cewkach magnetycznych, znajdujących się w zmiennym polu magnetycznym,” tymczasem powinno być „„Pokazane zostanie indukowanie siły elektromotorycznej w cewkach, znajdujących się w zmiennym polu magnetycznym,”. Podobnie na tej samej stronie hasło „cewka magnetyczna” należy zastąpić hasłem „cewka”.

### **e-doświadczenie**

Bez uwag

## 19. Układy RLC.

### **Podręcznik dla uczniów**

Na stronie 3 hasło „cewka magnetyczna” należy zastąpić hasłem „cewka”.

**e-doświadczenie**

Bez uwag.

## 20. Optyka geometryczna.

**Podręcznik dla uczniów**

Bez uwag.

**e-doświadczenie**

Bez uwag.

## 21. Interferencja i dyfrakcja.

**Podręcznik dla uczniów**

Bez uwag.

**e-doświadczenie**

Bez uwag.

## 22. Korpuskularna natura światła i materii.

**Podręcznik dla uczniów**

Bez uwag.

**e-doświadczenie**

Bez uwag.

## 23. Fizyka atomowa i jądrowa.

**Podręcznik dla uczniów**

Bez uwag.

**e-doświadczenie**

Bez uwag.

**Tabela I. Zgodność treści i wymagań podstawy programowej z e-doświadczeniami**

L.p.	Tytuł e-doświadczenia	II poziom edukacyjny – klasy IV-VI szkoła podstawowa, przyroda	III poziom edukacyjny – klasy I-III gimnazjum, fizyka,	IV poziom edukacyjny – szkoła ponadgimnazjalna, fizyka zakres podstawowy, przyroda,	IV poziom edukacyjny – szkoła ponadgimnazjalna, fizyka, geografia zakres rozszerzony,
1.	Wahadło matematyczne		<b>FIZYKA</b> <b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b> 6. Ruch drgający i fale. Uczeń: 1) opisuje ruch wahadła	<b>PRZYRODA</b> <b>Wątki tematyczne i tematy zajęć</b> 1. Metoda naukowa i wyjaśnianie świata: 1.1. obserwacja i eksperyment w fizyce;	<b>FIZYKA</b> <b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b> 6. Ruch harmoniczny i fale mechaniczne. Uczeń: 1) analizuje ruch pod

			<p>matematycznego i ciężarka na sprężynie oraz analizuje przebieg energii w tych ruchach;</p> <p>2) posługuje się pojęciami amplitudy drgań, okresu, częstotliwości do opisu drgań, wskazuje położenie równowagi oraz odczytuje amplitudę i okres z wykresu <math>x(t)</math> dla drgającego ciała;</p> <p>3) opisuje mechanizm przekazywania drgań z jednego punktu ośrodka do drugiego w przypadku fal na napiętej linie i fal dźwiękowych w powietrzu;</p> <p>4) posługuje się pojęciami: amplitudy, okresu i częstotliwości, prędkości i długości fali do opisu fal harmonicznym oraz stosuje do obliczeń związki między tymi wielkościami;</p> <p>9. Wymagania doświadczalne</p> <p>12) wyznacza okres i częstotliwość drgań ciężarka zawieszona na sprężynie oraz okres i częstotliwość drgań wahadła matematycznego;</p>	<p>rola teorii i doświadczenia w rozwoju fizyki;</p> <p>19. Cykle, rytmy i czas:</p> <p>19.1. zjawiska okresowe w przyrodzie; kalendarze; zegary i standard czasu;</p>	<p>wpływem sił) sprężystych (harmonicznym), podaje przykłady takiego ruchu;</p> <p>2) oblicza energię potencjalną sprężystości;</p> <p>3) oblicza okres drgań ciężarka na sprężynie i wahadła matematycznego;</p> <p>4) interpretuje wykresy zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu w ruchu drgającym;</p> <p>5) opisuje drgania wymuszone;</p> <p>7) stosuje zasadę zachowania energii w ruchu drgającym, opisuje przemiany energii kinetycznej i potencjalnej w tym ruchu;</p> <p>13. Wymagania doświadczalne</p> <p>Uczeń przeprowadza przynajmniej połowę z przedstawionych poniżej badań polegających na wykonaniu pomiarów, opisie i analizie wyników oraz, jeżeli to możliwe, wykonaniu i interpretacji wykresów dotyczących:</p> <p>2) ruchu wahadła (np. wyznaczenie przyspieszenia ziemskiego);</p> <p>1. Ruch punktu materialnego. Uczeń:</p> <p>1) rozróżnia wielkości wektorowe od skalarnych; wykonuje działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe);</p> <p>2) opisuje ruch w różnych układach odniesienia;</p> <p>3) oblicza prędkości względne dla ruchów wzduż prostej;</p> <p>4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania</p>
--	--	--	---	--	---



					<p>parametrów ruchu;  5) rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu;  11) wyjaśnia różnice między opisem ruchu ciał w układach inercjalnych i nieinercjalnych, posługuje się siłami bezwładności do opisu ruchu w układzie nieinercjalnym;  12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał;</p>
2.	Ława optyczna	<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b>  8. Organizm człowieka.  Uczeń:  7) bada właściwości ogniskujące lupy, powstawanie obrazu widzianego przez lupę i podaje przykłady zastosowania lupy;</p>	<p><b>FIZYKA</b>  <b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b>  7. Fale elektromagnetyczne i optyka. Uczeń:  6) opisuje bieg promieni przechodzących przez soczewkę skupiającą i rozpraszającą (biegnących równoległe do osi optycznej), posługując się pojęciami ogniska i ogniskowej;  7) rysuje konstrukcyjnie obrazy wytworzone przez soczewki, rozróżnia obrazy rzeczywiste, pozorne, proste, odwrócone, powiększone, pomniejszone;  8) wyjaśnia pojęcia krótkowzroczności i dalekowzroczności oraz opisuje rolę soczewek w ich korygowaniu;  9. Wymagania doświadczalne  14) wytwarza za pomocą soczewki skupiającej ostry obraz przedmiotu na ekranie, odpowiednio dobierając doświadczalnie położenie soczewki i przedmiotu.</p> <p><b>BIOLOGIA</b>  <b>Treści nauczania</b></p>		<p><b>FIZYKA</b>  <b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b>  10. Fale elektromagnetyczne i optyka. Uczeń:  8) rysuje i wyjaśnia konstrukcje tworzenia obrazów rzeczywistych i pozornych otrzymywane za pomocą soczewek skupiających i rozpraszających;  9) stosuje równanie soczewki, wyznacza położenie i powiększenie otrzymanych obrazów.  13. Wymagania doświadczalne  Uczeń przeprowadza przynajmniej połowę z przedstawionych poniżej badań polegających na wykonaniu pomiarów, opisie i analizie wyników oraz, jeżeli to możliwe, wykonaniu i interpretacji wykresów dotyczących:  9) obrazów optycznych otrzymywanych za pomocą soczewek (np. wyznaczenie powiększenia obrazu i porównanie go z powiększeniem obliczonym teoretycznie).</p>

			<p>– wymagania szczegółowe</p> <p>VI. Budowa i funkcjonowanie organizmu człowieka.</p> <p>9. Narządy zmysłów.</p> <p>Uczeń:</p> <p>1) przedstawia budowę oka i ucha oraz wyjaśnia sposób ich działania;</p>		
3.	Równia pochyła		<p><b>FIZYKA</b></p> <p><b>Treści nauczania</b></p> <p>– wymagania szczegółowe</p> <p>1. Ruch prostoliniowy i siły. Uczeń:</p> <p>1) posługuje się pojęciem prędkości do opisu ruchu; przelicza jednostki prędkości;</p> <p>2) odczytuje prędkość i przebytą odległość z wykresów zależności drogi i prędkości od czasu oraz rysuje te wykresy na podstawie opisu słownego;</p> <p>3) podaje przykłady sił i rozpoznaje je w różnych sytuacjach praktycznych;</p> <p>4) opisuje zachowanie się ciał na podstawie pierwszej zasady dynamiki Newtona;</p> <p>5) odróżnia prędkość średnią od chwilowej w ruchu niejednostajnym;</p> <p>6) posługuje się pojęciem przyspieszenia do opisu ruchu prostoliniowego jednostajnie przyspieszonego;</p> <p>7) opisuje zachowanie się ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona;</p> <p>8) stosuje do obliczeń związek między masą ciała, przyspieszeniem i siłą;</p> <p>9) posługuje się pojęciem siły ciężkości;</p> <p>10) opisuje wzajemne oddziaływanie ciał, posługując się trzecią</p>		<p><b>FIZYKA</b></p> <p><b>Treści nauczania</b></p> <p>– wymagania szczegółowe</p> <p>1. Ruch punktu materialnego. Uczeń:</p> <p>1) rozróżnia wielkości wektorowe od skalarnych; wykonuje działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe);</p> <p>2) opisuje ruch w różnych układach odniesienia;</p> <p>3) oblicza prędkości względne dla ruchów wzdłuż prostej;</p> <p>4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu;</p> <p>5) rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu;</p> <p>6) oblicza parametry ruchu podczas swobodnego spadku i rzutu pionowego;</p> <p>7) opisuje swobodny ruch ciał, wykorzystując pierwszą zasadę dynamiki Newtona;</p> <p>8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona;</p> <p>9) stosuje trzecią zasadę dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał;</p> <p>11) wyjaśnia różnice między opisem ruchu ciał w układach inercjalnych i nie inercjalnych,</p>

			<p>zasadą dynamiki Newtona; 12) opisuje wpływ oporów ruchu na poruszające się ciała.</p>		<p>posługuje się siłami bezwładności do opisu ruchu w układzie nieinercyjnym; 12) posługuje się pojęciem siły tarcia do wyjaśniania ruchu ciał; 13) składa i rozkłada siły działające wzdłuż prostych nierównoległych;</p> <p>2. Mechanika bryły sztywnej. Uczeń: 1) rozróżnia pojęcia: punkt materialny, bryła sztywna, zna granice ich stosowalności; 2) rozróżnia pojęcia: masa i moment bezwładności; 3) oblicza momenty sił; 4) analizuje równowagę brył sztywnych, w przypadku gdy siły leżą w jednej płaszczyźnie (równowaga sił i momentów sił); 5) wyznacza położenie środka masy; 6) opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi przechodzącej przez środek masy (prędkość kątowa, przyspieszenie kątowe); 7) analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił; 8) stosuje zasadę zachowania momentu pędu do analizy ruchu; 9) uwzględnia energię kinetyczną ruchu obrotowego w bilansie energii.</p>
4.	Zderzenia sprężyste i niesprężyste		<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b> 1. Ruch prostoliniowy i siły. Uczeń: 1) posługuje się pojęciem prędkości do opisu ruchu; przelicza jednostki prędkości; 2) odczytuje prędkość i przebytą odległość z wykresów zależności drogi i prędkości od czasu oraz rysuje te wykresy na podstawie opisu słownego;</p>		<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b> 1. Ruch punktu materialnego. Uczeń: 1) rozróżnia wielkości wektorowe od skalarnych; wykonuje działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe); 4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem</p>

			<p>3) podaje przykłady sił i rozpoznaje je w różnych sytuacjach praktycznych;</p> <p>4) opisuje zachowanie się ciał na podstawie pierwszej zasady dynamiki Newtona;</p> <p>7) opisuje zachowanie się ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona;</p> <p>8) stosuje do obliczeń związek między masą ciała, przyspieszeniem i siłą;</p> <p>9) posługuje się pojęciem siły ciężkości;</p> <p>10) opisuje wzajemne oddziaływanie ciał, posługując się trzecią zasadą dynamiki Newtona;</p> <p>2. Energia. Uczeń:</p> <p>1) wykorzystuje pojęcie energii mechanicznej i wymienia różne jej formy;</p> <p>4) posługuje się pojęciem energii mechanicznej jako sumy energii kinetycznej i potencjalnej;</p> <p>5) stosuje zasadę zachowania energii mechanicznej;</p>		<p>w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu;</p> <p>5) rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu;</p> <p>7) opisuje swobodny ruch ciał, wykorzystując pierwszą zasadę dynamiki Newtona;</p> <p>8) wyjaśnia ruch ciał na podstawie drugiej zasady dynamiki Newtona;</p> <p>9) stosuje trzecią zasadę dynamiki Newtona do opisu zachowania się ciał;</p> <p>10) wykorzystuje zasadę zachowania pędu do obliczania prędkości ciał podczas zderzeń niesprężystych i zjawiska odrzutu;</p> <p>3. Energia mechaniczna. Uczeń:</p> <p>3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu;</p> <p>5) stosuje zasadę zachowania energii oraz zasadę zachowania pędu do opisu zderzeń sprężystych i niesprężystych.</p> <p>13. Wymagania doświadczalne Uczeń przeprowadza przynajmniej połowę z przedstawionych poniżej badań polegających na wykonaniu pomiarów, opisie i analizie wyników oraz, jeżeli to możliwe, wykonaniu i interpretacji wykresów dotyczących:</p> <p>1) ruchu prostoliniowego jednostajnego i jednostajnie zmiennego (np. wyznaczenie przy spieszenia w ruchu jednostajnie zmiennym);</p>
5.	Rzuty		<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>1. Ruch prostoliniowy i siły. Uczeń:</p> <p>1) posługuje się</p>	<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>1. Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń:</p> <p>5) wyjaśnia wpływ siły</p>	<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>1. Ruch punktu materialnego. Uczeń:</p> <p>1) rozróżnia wielkości</p>

			<p>pojęciem prędkości do opisu ruchu; przelicza jednostki prędkości;</p> <p>2) odczytuje prędkość i przebytą odległość z wykresów zależności drogi i prędkości od czasu oraz rysuje te wykresy na podstawie opisu słownego;</p> <p>5) odróżnia prędkość średnią od chwilowej w ruchu niejednostajnym;</p> <p>6) posługuje się pojęciem przyspieszenia do opisu ruchu prostoliniowego jednostajnie przyspieszonego;</p> <p>2. Energia. Uczeń:</p> <p>1) wykorzystuje pojęcie energii mechanicznej i wymienia różne jej formy;</p> <p>4) posługuje się pojęciem energii mechanicznej jako sumy energii kinetycznej i potencjalnej;</p> <p>5) stosuje zasadę zachowania energii mechanicznej;</p>	<p>grawitacji Słońca na ruch planet i siły grawitacji planet na ruch ich księżyców, wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę spadania ciał na powierzchnię Ziemi;</p>	<p>wektorowe od skalarnych; wykonuje działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe);</p> <p>2) opisuje ruch w różnych układach odniesienia;</p> <p>3) oblicza prędkości względne dla ruchów wzdłuż prostej;</p> <p>4) wykorzystuje związek pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu;</p> <p>5) rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu;</p> <p>6) oblicza parametry ruchu podczas swobodnego spadku i rzutu pionowego;</p> <p>10) wykorzystuje zasadę zachowania pędu do obliczania prędkości ciał podczas zderzeń niesprężystych i zjawiska odrzutu;</p> <p>11) wyjaśnia różnice między opisem ruchu ciał w układach inercjalnych i nieinercjalnych, posługuje się siłami bezwładności do opisu ruchu w układzie nieinercjalnym;</p> <p>15) analizuje ruch ciał w dwóch wymiarach na przykładzie rzutu poziomego.</p> <p>3. Energia mechaniczna. Uczeń:</p> <p>3) wykorzystuje zasadę zachowania energii mechanicznej do obliczania parametrów ruchu;</p> <p>5) stosuje zasadę zachowania energii oraz zasadę zachowania pędu do opisu zderzeń sprężystych i niesprężystych.</p>
6.	Bryła				<b>Treści nauczania – wymagania</b>

	sztywna				<p><b>szczegółowe</b></p> <p>2. Mechanika bryły sztywnej. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) rozróżnia pojęcia: punkt materialny, bryła sztywna, zna granice ich stosowalności;</li> <li>2) rozróżnia pojęcia: masa i moment bezwładności;</li> <li>3) oblicza momenty sił;</li> <li>4) analizuje równowagę brył sztywnych, w przypadku gdy siły leżą w jednej płaszczyźnie (równowaga sił i momentów sił);</li> <li>5) wyznacza położenie środka masy;</li> <li>6) opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi przechodzącej przez środek masy (prędkość kątowa, przyspieszenie kątowe);</li> <li>7) analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił;</li> <li>8) stosuje zasadę zachowania momentu pędu do analizy ruchu;</li> <li>9) uwzględnia energię kinetyczną ruchu obrotowego w bilansie energii.</li> </ol>
7.	Ruch ciał niebieskich	<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>11. Ziemia we Wszechświecie. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) opisuje kształt Ziemi z wykorzystaniem jej modelu – globusa;</li> <li>2) wymienia nazwy planet Układu Słonecznego i porządkuje je według odległości od Słońca;</li> <li>3) wyjaśnia założenia teorii heliocentrycznej Mikołaja Kopernika;</li> </ol>		<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>1. Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) opisuje ruch jednostajny po okręgu, posługując się pojęciem okresu i częstotliwości;</li> <li>2) opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem oraz wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej;</li> <li>3) interpretuje zależności między wielkościami w prawie powszechnego ciążenia dla mas punktowych lub rozłącznych kul;</li> <li>5) wyjaśnia wpływ siły grawitacji Słońca na ruch planet i siły grawitacji planet na ruch ich księżyców, wskazuje siłę</li> </ol>	<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>4. Grawitacja. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) wykorzystuje prawo powszechnego ciążenia do obliczenia siły oddziaływań grawitacyjnych między masami punktowymi i sferycznie symetrycznymi;</li> <li>2) rysuje linie pola grawitacyjnego, rozróżnia pole jednorodne od pola centralnego;</li> <li>5) oblicza zmiany energii potencjalnej grawitacji i wiąże je z pracą lub zmianą energii kinetycznej;</li> <li>6) wyjaśnia pojęcie pierwszej i drugiej prędkości kosmicznej; oblicza ich wartości dla różnych ciał niebieskich;</li> <li>7) oblicza okres ruchu satelitów (bez napędu) wokół Ziemi;</li> </ol>

				<p>grawitacji jako przyczynę spadania ciał na powierzchnię Ziemi;</p> <p>6) posługuje się pojęciem pierwszej prędkości kosmicznej i satelity geostacjonarnego; opisuje ruch sztucznych satelitów wokół Ziemi (jakościowo), wskazuje siłę grawitacji jako siłę dośrodkową, wyznacza zależność okresu ruchu od promienia orbity (stosuje III prawo Keplera);</p> <p>7) wyjaśnia, dlaczego planety widziane z Ziemi przesuwały się na tle gwiazd;</p> <p>9) opisuje zasadę pomiaru odległości z Ziemi do Księżyca i planet opartą na paralaksie i zasadę pomiaru odległości od najbliższych gwiazd opartą na paralaksie rocznej, posługuje się pojęciem jednostki astronomicznej i roku świetlnego;</p>	<p>8) oblicza okresy obiegu planet i ich średnie odległości od gwiazdy, wykorzystując III prawo Keplera dla orbit kołowych;</p> <p>9) oblicza masę ciała niebieskiego na podstawie obserwacji ruchu jego satelity.</p> <p><b>GEOGRAFIA</b>  <b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b>  2. Ziemia we Wszechświecie. Uczeń:  1) wyjaśnia cechy budowy i określa położenie różnych ciał niebieskich we Wszech świecie;  2) charakteryzuje ciała niebieskie tworzące Układ Słoneczny;  3) wskazuje konsekwencje ruchów Ziemi;</p>
8.	Mechanika cieczy		<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>1. Ruch prostoliniowy i siły. Uczeń:  11) wyjaśnia zasadę działania dźwigni dwustronnej, bloku nieruchomego, kołowrotu;</p> <p>3. Właściwości materii. Uczeń:  3) posługuje się pojęciem gęstości;  4) stosuje do obliczeń związek między masą, gęstością i objętością ciał stałych i cieczy, na podstawie wyników pomiarów wyznacza gęstość cieczy i ciał stałych;  6) posługuje się pojęciem ciśnienia (w tym ciśnienia hydrostatycznego i atmosfery.);  7) formułuje prawo</p>		<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>2. Mechanika bryły sztywnej. Uczeń:  3) oblicza momenty sił;  4) analizuje równowagę brył sztywnych, w przypadku gdy siły leżą w jednej płaszczyźnie (równowaga sił i momentów sił);  5) wyznacza położenie środka masy;</p>

			<p>Pascala i podaje przykłady jego zastosowania;</p> <p>8) analizuje i porównuje wartości sił wyporu dla ciał zanurzonych w cieczy lub gazie;</p> <p>9) wyjaśnia pływanie ciał na podstawie prawa Archimedesesa.</p> <p>9. Wymagania doświadczalne Uczeń: 1) wyznacza gęstość substancji, z jakiej wykonano przedmiot w kształcie prostopadłościanu, walca lub kuli za pomocą wagi i linijki;</p>		
9.	Pole elektryczne		<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>4. Elektryczność. Uczeń: 2) opisuje jakościowo oddziaływanie ładunków jednoimiennych i różnoimiennych; 3) odróżnia przewodniki od izolatorów oraz podaje przykłady obu rodzajów ciał; 4) stosuje zasadę zachowania ładunku elektrycznego; 5) posługuje się pojęciem ładunku elektrycznego jako wielokrotności ładunku elektronu (elementarnego); 8) posługuje się (intuicyjnie) pojęciem napięcia elektrycznego;</p> <p>9. Wymagania doświadczalne 6) demonstruje zjawisko elektryzowania przez tarcie oraz wzajemnego oddziaływanie ciał naładowanych;</p>		<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>7. Pole elektryczne. Uczeń: 1) wykorzystuje prawo Coulomba do obliczenia siły oddziaływania elektrostatycznego między ładunkami punktowymi; 2) posługuje się pojęciem natężenia pola elektrostatycznego; 3) oblicza natężenie pola centralnego pochodzącego od jednego ładunku punktowego; 4) analizuje jakościowo pole pochodzące od układu ładunków; 5) wyznacza pole elektrostatyczne na zewnątrz naelektryzowanego ciała sferycznie symetrycznego; 6) przedstawia pole elektrostatyczne za pomocą linii pola; 7) opisuje pole kondensatora płaskiego, oblicza napięcie między okładkami; 11) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu elektrycznym; 12) opisuje wpływ pola elektrycznego na rozmieszczenie</p>



					ładunków w przewodniku, wyjaśnia działanie piorunochronu i klatki Faradaya.
10.	Kalorymetria	<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>6. Właściwości substancji. Uczeń: 1) wymienia znane właściwości substancji (woda, cukier, sól kuchenna) i ich miesza nin (ocet, sok cytrynowy) występujące w jego otoczeniu; 2) porównuje masy ciał o tej samej objętości, lecz wykonanych z różnych substancji; 3) identyfikuje, na podstawie doświadczenia, ciała (substancje) dobrze i słabo przewodzące ciepło; 5) podaje przykłady zastosowania różnych substancji w przedmiotach codziennego użytku, odwołując się do właściwości tych substancji; 6) bada wpływ czynników takich jak: woda, powietrze, temperatura, gleba na przedmioty zbudowane z różnych substancji; 14. Przemiany substancji. Uczeń: 1) podaje przykłady przemian odwracalnych: topnienie,</p>	<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>2. Energia. Uczeń: 6) analizuje jakościowo zmiany energii wewnętrznej spowodowane wykonaniem pracy i przepływem ciepła; 7) wyjaśnia związek między energią kinetyczną cząsteczek i temperaturą; 8) wyjaśnia przepływ ciepła w zjawisku przewodnictwa cieplnego oraz rolę izolacji cieplnej; 9) opisuje zjawiska topnienia, krzepnięcia, parowania, skraplania, sublimacji i resublimacji; 10) posługuje się pojęciem ciepła właściwego, ciepła topnienia i ciepła parowania; 11) opisuje ruch cieczy i gazów w zjawisku konwekcji.</p> <p>3. Właściwości materii. Uczeń: 1) analizuje różnice w budowie mikroskopowej ciał stałych, cieczy i gazów;</p>		<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>5. Termodynamika. Uczeń: 4) opisuje związek pomiędzy temperaturą w skali Kelwina a średnią energią kinetyczną cząsteczek; 5) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki, odróżnia przekaz energii w formie pracy od przekazu energii w formie ciepła; 7) posługuje się pojęciem ciepła molowego w przemianach gazowych; 8) analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii; 11) odróżnia wrzenie od parowania powierzchniowego; analizuje wpływ ciśnienia na temperaturę wrzenia cieczy; 12) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego oraz ciepła przemiany fazowej w analizie bilansu cieplnego.</p>

		<p>krzepnięcie i nieodwracalnych: ścinanie białka, korozja;</p> <p>2) odróżnia pojęcia: rozpuszczanie i topnienie, podaje przykłady tych zjawisk z życia codziennego;</p> <p>3) bada doświadczalnie czynniki wpływające na rozpuszczanie substancji: temperatura, mieszanie;</p> <p>4) podaje i bada doświadczalnie czynniki wywołujące topnienie i krzepnięcie (temperatura) oraz parowanie i skraplanie (temperatura, ruch powietrza, rodzaj cieczy, wielkość powierzchni);</p> <p>5) odróżnia mieszaniny jednorodne od niejednorodnych, podaje przykłady takich mieszanin z życia codziennego;</p>			
11.	Drgania mechaniczne		<p><b>FIZYKA</b> <b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b> 6. Ruch drgający i fale. Uczeń: 1) opisuje ruch wahadła matematycznego i ciężarka na sprężynie oraz analizuje przebieg energii w tych ruchach; 2) posługuje się pojęciami amplitudy drgań, okresu, częstotliwości do opisu drgań, wskazuje położenie równowagi oraz odczytuje amplitudę i okres z wykresu <math>x(t)</math> dla drgającego ciała; 3) opisuje mechanizm</p>	<p><b>PRZYRODA</b> <b>Wątki tematyczne i tematy zajęć</b> 1. Metoda naukowa i wyjaśnianie świata: 1.1. obserwacja i eksperyment w fizyce; rola teorii i doświadczenia w rozwoju fizyki;  19. Cykle, rytmy i czas: 19.1. zjawiska okresowe w przyrodzie; kalendarze; zegary i standard czasu;</p>	<p><b>FIZYKA</b> <b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b> 6. Ruch harmoniczny i fale mechaniczne. Uczeń: 1) analizuje ruch pod wpływem sił) sprężystych (harmonicznych), podaje przykłady takiego ruchu; 2) oblicza energię potencjalną sprężystości; 3) oblicza okres drgań ciężarka na sprężynie i wahadła matematycznego; 4) interpretuje wykresy zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu w ruchu drgającym; 5) opisuje drgania</p>

			<p>przekazywania drgań z jednego punktu ośrodka do drugiego w przypadku fal na napiętej linii i fal dźwiękowych w powietrzu;</p> <p>4) posługuje się pojęciami: amplitudy, okresu i częstotliwości, prędkości i długości fali do opisu fal harmonicznycch oraz stosuje do obliczeń związki między tymi wielkościami;</p> <p>9. Wymagania doświadczalne</p> <p>12) wyznacza okres i częstotliwość drgań ciężarka zawieszzonego na sprężynie oraz okres i częstotliwość drgań wahadła matematycznego;</p>		<p>wymuszone;</p> <p>7) stosuje zasadę zachowania energii w ruchu drgającym, opisuje przemianę energii kinetycznej i potencjalnej w tym ruchu;</p> <p>13. Wymagania doświadczalne</p> <p>Uczeń przeprowadza przynajmniej połowę z przedstawionych poniżej badań polegających na wykonaniu pomiarów, opisie i analizie wyników oraz, jeżeli to możliwe, wykonaniu i interpretacji wykresów dotyczących:</p> <p>2) ruchu wahadła (np. wyznaczenie przyspieszenia ziemskiego);</p> <p>1. Ruch punktu materialnego. Uczeń:</p> <p>1) rozróżnia wielkości wektorowe od skalarnych; wykonuje działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe);</p> <p>2) opisuje ruch w różnych układach odniesienia;</p> <p>3) oblicza prędkości względne dla ruchów wzdłuż prostej;</p> <p>4) wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu;</p> <p>5) rysuje i interpretuje wykresy zależności parametrów ruchu od czasu;</p> <p>11) wyjaśnia różnice między opisem ruchu ciał w układach inercjalnych i nieinercjalnych, posługuje się siłami bezwładności do opisu ruchu w układzie nieinercjalnym;</p> <p>12) posługuje się pojęciem siły tarcia do</p>
--	--	--	---	--	--

					wyjaśniania ruchu ciał;
12.	Eksperymenty myślowe Einsteina			<b>PRZYRODA</b> <b>Wątki tematyczne i tematy zajęć</b> 3. Wielcy rewolucjoniści nauki: 3.1. Newton i teoria grawitacji; Einstein i teoria względności; Planck i pozostali twórcy teorii kwantów (Bohr, Dirac, Heisenberg);	
13.	Kondensatory				<b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b> 7. Pole elektryczne. Uczeń: 1) wykorzystuje prawo Coulomba do obliczenia siły oddziaływania elektrostatycznego między ładunkami punktowymi; 2) posługuje się pojęciem natężenia pola elektrostatycznego; 3) oblicza natężenie pola centralnego pochodzącego od jednego ładunku punktowego; 4) analizuje jakościowo pole pochodzące od układu ładunków; 5) wyznacza pole elektrostatyczne na zewnątrz naelektryzowanego ciała sferycznie symetrycznego; 6) przedstawia pole elektrostatyczne za pomocą linii pola; 7) opisuje pole kondensatora płaskiego, oblicza napięcie między okładkami; 8) posługuje się pojęciem pojemności elektrycznej kondensatora; 9) oblicza pojemność kondensatora płaskiego, znając jego cechy geometryczne; 10) oblicza pracę potrzebną do naładowania kondensatora; 11) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu elektrycznym;

					12) opisuje wpływ pola elektrycznego na rozmieszczenie ładunków w przewodniku, wyjaśnia działanie piorunochronu i klatki Faradaya.
14.	Pole magnetyczne		<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>5. Magnetyzm. Uczeń:</p> <p>1) nazywa bieguny magnetyczne magnesów trwałych i opisuje charakter oddziaływania między nimi;</p> <p>2) opisuje zachowanie igły magnetycznej w obecności magnesu oraz zasadę działania kompasu;</p> <p>3) opisuje oddziaływanie magnesów na żelazo i podaje przykłady wykorzystania tego oddziaływania;</p> <p>4) opisuje działanie przewodnika z prądem na igłę magnetyczną;</p> <p>5) opisuje działanie elektromagnesu i rolę rdzenia w elektromagnesie;</p> <p>6) opisuje wzajemne oddziaływanie magnesów z elektromagnesami i wyjaśnia działa nie silnika elektrycznego prądu stałego.</p>		<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>9. Magnetyzm, indukcja magnetyczna. Uczeń:</p> <p>1) szkicuje przebieg linii pola magnetycznego w pobliżu magnesów trwałych i przewodników z prądem (przewodnik liniowy, pętla, zwojnica);</p> <p>2) oblicza wektor indukcji magnetycznej wytworzonej przez przewodniki z prądem (prze wodnik liniowy, pętla, zwojnica);</p> <p>3) analizuje ruch cząstki naładowanej w stałym jednorodnym polu magnetycznym;</p> <p>4) opisuje wpływ materiałów na pole magnetyczne;</p> <p>5) opisuje zastosowanie materiałów ferromagnetycznych;</p>
15.	Właściwości gazów				<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>5. Termodynamika. Uczeń:</p> <p>1) wyjaśnia założenia gazu doskonałego i stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu;</p> <p>2) opisuje przemianę izotermiczną, izobaryczną i izochoryczną;</p> <p>3) interpretuje wykresy ilustrujące przemiany gazu doskonałego;</p> <p>4) opisuje związek pomiędzy temperaturą w skali Kelwina a średnią energią kinetyczną</p>

					<p>cząsteczek;  5) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki, odróżnia przekaz energii w formie pracy od przekazu energii w formie ciepła;  6) oblicza zmianę energii wewnętrznej w przemianach izobarycznej i izochorycznej oraz pracę wykonaną w przemianie izobarycznej;  7) posługuje się pojęciem ciepła molowego w przemianach gazowych;  8) analizuje pierwszą zasadę termodynamiki jako zasadę zachowania energii;  9) interpretuje drugą zasadę termodynamiki;  10) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne, oblicza sprawność silników cieplnych w oparciu o wymieniane ciepło i wykonaną pracę;  11) odróżnia wrzenie od parowania powierzchniowego; analizuje wpływ ciśnienia na temperaturę wrzenia cieczy;  12) wykorzystuje pojęcie ciepła właściwego oraz ciepła przemiany fazowej w analizie bilansu cieplnego.</p>
16.	Laboratorium dźwięku		<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b>  6. Ruch drgający i fale.  Uczeń:  3) opisuje mechanizm przekazywania drgań z jednego punktu ośrodka do drugiego w przypadku fal na napiętej linie i fal dźwiękowych w powietrzu;  4) posługuje się pojęciami: amplitudy, okresu i częstotliwości, prędkości i długości fali do opisu fal harmonicznycy oraz stosuje do obliczeń</p>		<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b>  6. Ruch harmoniczny i fale mechaniczne.  Uczeń:  5) opisuje drgania wymuszone;  6) opisuje zjawisko rezonansu mechanicznego na wybranych przykładach;  8) stosuje w obliczeniach związek między parametrami fali: długością, częstotliwością, okresem, prędkością;  9) opisuje załamanie fali na granicy ośrodków;  10) opisuje zjawisko interferencji, wyznacza długość fali na</p>

			<p>związki między tymi wielkościami;</p> <p>5) opisuje mechanizm wytwarzania dźwięku w instrumentach muzycznych;</p> <p>6) wymienia, od jakich wielkości fizycznych zależy wysokość i głośność dźwięku;</p> <p>7) posługuje się pojęciami infradźwięki i ultradźwięki.</p>		<p>podstawie obrazu interferencyjnego;</p> <p>11) wyjaśnia zjawisko ugięcia fali w oparciu o zasadę Huygensa;</p> <p>12) opisuje fale stojące i ich związek z falami biegnącymi przeciwnie;</p>
17.	Obwody prądu stałego.		<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>4. Elektryczność. Uczeń:</p> <p>6) opisuje przepływ prądu w przewodnikach jako ruch elektronów swobodnych;</p> <p>7) posługuje się pojęciem natężenia prądu elektrycznego;</p> <p>8) posługuje się (intuicyjnie) pojęciem napięcia elektrycznego;</p> <p>9) posługuje się pojęciem oporu elektrycznego, stosuje prawo Ohma w prostych obwodach elektrycznych;</p> <p>10) posługuje się pojęciem pracy i mocy prądu elektrycznego;</p> <p>11) przelicza energię elektryczną podaną w kilowatogodzinach na dżule i dżule na kilowatogodziny;</p> <p>12) buduje proste obwody elektryczne i rysuje ich schematy;</p> <p>13) wymienia formy energii, na jakie zamieniana jest energia elektryczna.</p>		<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>8. Prąd stały. Uczeń:</p> <p>1) wyjaśnia pojęcie siły elektromotorycznej ogniwa i oporu wewnętrznego;</p> <p>2) oblicza opór przewodnika, znając jego opór właściwy i wymiary geometryczne;</p> <p>3) rysuje charakterystykę prądowo-napięciową opornika podlegającego prawu Ohma;</p> <p>4) stosuje prawa Kirchhoffa do analizy obwodów elektrycznych;</p> <p>5) oblicza opór zastępczy oporników połączonych szeregowo i równolegle;</p> <p>6) oblicza pracę wykonaną podczas przepływu prądu przez różne elementy obwodu oraz moc rozproszoną na oporze;</p> <p>7) opisuje wpływ temperatury na opór metali i półprzewodników.</p>
18.	Cewki i indukcja				<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>9. Magnetyzm, indukcja magnetyczna. Uczeń:</p> <p>1) szkicuje przebieg linii pola magnetycznego w pobliżu magnesów trwałych i przewodników z prądem (przewodnik liniowy, pętla, zwojnica);</p> <p>2) oblicza wektor</p>

					<p>indukcji magnetycznej wytworzonej przez przewodniki z prądem (prze wodnik liniowy, pętla, zwojnica);</p> <p>4) opisuje wpływ materiałów na pole magnetyczne;</p> <p>5) opisuje zastosowanie materiałów ferromagnetycznych;</p> <p>6) analizuje siłę elektrodynamiczną działającą na przewodnik z prądem w polu magnetycznym;</p> <p>7) opisuje zasadę działania silnika elektrycznego;</p> <p>8) oblicza strumień indukcji magnetycznej przez powierzchnię;</p> <p>9) analizuje napięcie uzyskiwane na końcach przewodnika podczas jego ruchu w polu magnetycznym;</p> <p>10) oblicza siłę elektromotoryczną powstającą w wyniku zjawiska indukcji elektromagnetycznej;</p> <p>11) stosuje regułę Lenza w celu wskazania kierunku przepływu prądu indukcyjnego;</p> <p>12) opisuje budowę i zasadę działania prądnicy i transformatora;</p> <p>13) opisuje prąd przemienny (natężenie, napięcie, częstotliwość, wartości skuteczne);</p> <p>14) opisuje zjawisko samoindukcji;</p>
19.	Obwody RLC				<p>Treści i umiejętności obejmowane przez to e-doświadczenie zawarte są w podstawie programowej przedmiotów zawodowych dla szkół zawodowych i techników o specjalnościach elektrycznych i elektronicznych.</p>
20.	Optyka geometryczna		<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>7. Fale elektromagnetyczne i</p>		<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>10. Fale elektromagnetyczne i</p>



			<p>optyka. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) porównuje (wymienia cechy wspólne i różnice) rozchodzenie się fal mechanicznych i elektromagnetycznych;</li> <li>2) wyjaśnia powstawanie obszarów cienia i półcienia za pomocą prostoliniowego rozchodzenia się światła w ośrodku jednorodnym;</li> <li>3) wyjaśnia powstawanie obrazu pozornego w zwierciadle płaskim, wykorzystując prawa odbicia; opisuje zjawisko rozproszenia światła przy odbiciu od powierzchni chropowatej;</li> <li>4) opisuje skupianie promieni w zwierciadle wklęsłym, posługując się pojęciami ogniska i ogniskowej, rysuje konstrukcyjnie obrazy utworzone przez zwierciadła wklęsłe;</li> <li>5) opisuje (jakościowo) bieg promieni przy przejściu światła z ośrodka rzadszego do ośrodka gęstszy optycznie i odwrotnie;</li> <li>6) opisuje bieg promieni przechodzących przez soczewkę skupiającą i rozpraszającą (biegnących równoległe do osi optycznej), posługując się pojęciami ogniska i ogniskowej;</li> <li>7) rysuje konstrukcyjnie obrazy utworzone przez soczewki, rozróżnia obrazy rzeczywiste, pozorne, proste, odwrócone, powiększone, pomniejszone;</li> <li>8) wyjaśnia pojęcia krótkowzroczności i dalekowzroczności oraz opisuje rolę soczewek w ich</li> </ol>		<p>optyka. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5) opisuje i wyjaśnia zjawisko polaryzacji światła przy odbiciu i przy przejściu przez polaryzator;</li> <li>6) stosuje prawa odbicia i załamania fal do wyznaczenia biegu promieni w pobliżu granicy dwóch ośrodków;</li> <li>7) opisuje zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia i wyznacza kąt graniczny;</li> <li>8) rysuje i wyjaśnia konstrukcje tworzenia obrazów rzeczywistych i pozornych otrzymywane za pomocą soczewek skupiających i rozpraszających;</li> <li>9) stosuje równanie soczewki, wyznacza położenie i powiększenie otrzymanych obrazów.</li> </ol>
--	--	--	--	--	--

			korygowaniu; 9) opisuje zjawisko rozszczepienia światła za pomocą pryzmatu; 10) opisuje światło białe jako mieszaninę barw, a światło lasera jako światło jedno barwne;		
21.	Interferencja i dyfrakcja				<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>10. Fale elektromagnetyczne i optyka. Uczeń:</p> <p>3) opisuje doświadczenie Younga;</p> <p>4) wyznacza długość fali świetlnej przy użyciu siatki dyfrakcyjnej;</p> <p>5) opisuje i wyjaśnia zjawisko polaryzacji światła przy odbiciu i przy przejściu przez polaryzator;</p> <p>13. Wymagania doświadczalne</p> <p>7) dyfrakcji światła na siatce dyfrakcyjnej lub płycie CD (np. wyznaczenie gęstości ścieżek na płycie CD);</p>
22.	Korpuskularna natura światła i materii			<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>2. Fizyka atomowa. Uczeń:</p> <p>1) opisuje promieniowanie ciał, rozróżnia widma ciągłe i liniowe rozrzedzonych gazów jednoatomowych, w tym wodoru;</p> <p>2) interpretuje linie widmowe jako przejścia między poziomami energetycznymi atomów;</p> <p>3) opisuje budowę atomu wodoru, stan podstawowy i stany wzbudzone;</p> <p>4) wyjaśnia pojęcie fotonu i jego energii;</p> <p>5) interpretuje zasadę zachowania energii przy przejściach elektronu między poziomami energetycznymi w atomie z udziałem fotonu;</p> <p>6) opisuje efekt fotoelektryczny,</p>	<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>11. Fizyka atomowa i kwanty promieniowania elektromagnetycznego. Uczeń:</p> <p>1) opisuje założenia kwantowego modelu światła;</p> <p>2) stosuje zależność między energią fotonu a częstotliwością i długością fali do opisu zjawiska fotoelektrycznego zewnętrznego, wyjaśnia zasadę działania fotokomórki;</p> <p>3) stosuje zasadę zachowania energii do wyznaczenia częstotliwości promieniowania emitowanego i absorbowanego przez atomy;</p> <p>4) opisuje mechanizmy powstawania promieniowania rentgenowskiego;</p>

				wykorzystuje zasadę zachowania energii do wyznaczenia energii i prędkości fotoelektronów.	5) określa długość fali de Broglie'a poruszających się cząstek.
23.	Fizyka atomowa i jądrowa			<p><b>FIZYKA</b>  <b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b>  2. Fizyka atomowa.  Uczeń:  1) opisuje promieniowanie ciał, rozróżnia widma ciągłe i liniowe rozrzedzonych gazów jednoatomowych, w tym wodoru;  2) interpretuje linie widmowe jako przejścia między poziomami energetycznymi atomów;  3) opisuje budowę atomu wodoru, stan podstawowy i stany wzbudzone;  4) wyjaśnia pojęcie fotonu i jego energii;  5) interpretuje zasadę zachowania energii przy przejściach elektronu między poziomami energetycznymi w atomie z udziałem fotonu;</p> <p>3. Fizyka jądrowa.  Uczeń:  1) posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron; podaje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej;  2) posługuje się pojęciami: energii spoczynkowej, deficytu masy i energii wiązania; oblicza te wielkości dla dowolnego pierwiastka układu okresowego;  3) wymienia właściwości promieniowania jądrowego <math>\alpha</math>, <math>\beta</math>, <math>\gamma</math>; opisuje rozpady alfa, beta (wiadomości o neutrinach nie są wymagane), sposób powstawania promieniowania gamma; posługuje się pojęciem jądra stabilnego i</p>	

				<p>niestabilnego; 4) opisuje rozpad izotopu promieniotwórczego, posługując się pojęciem czasu połowicznego rozpadu; rysuje wykres zależności liczby jąder, które uległy rozpadowi od czasu; wyjaśnia zasadę datowania substancji na podstawie składu izotopowego, np. datowanie węglem <math>^{14}\text{C}</math>; 5) opisuje reakcje jądrowe, stosując zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku oraz zasadę zachowania energii; 6) opisuje wybrany sposób wykrywania promieniowania jonizującego; 7) wyjaśnia wpływ promieniowania jądrowego na materię oraz na organizmy; 8) podaje przykłady zastosowania zjawiska promieniotwórczości i energii jądrowej;</p> <p><b>PRZYRODA</b> <b>Wątki tematyczne i tematy zajęć</b> 16. Nauka i sztuka: 16.1. metody datowania: izotopowa (np. <math>^{14}\text{C}</math>), termoluminescencja itd.; inny obraz dzieła sztuki – rentgenografia, termografia itd.;</p>	
Do wszystkich e-doświadczeń	<p><b>Cele kształcenia – wymagania ogólne</b> I. Zaciekawienie światem przyrody. Uczeń stawia pytania dotyczące zjawisk zachodzących w przyrodzie, prezentuje postawę badawczą w poznawaniu prawidłowości świata przyrody przez</p>	<p><b>FIZYKA</b> <b>Cele kształcenia – wymagania ogólne</b> I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych. II. Przeprowadzanie doświadczeń i wyciąganie wniosków z otrzymanych wyników.</p> <p><b>FIZYKA</b> <b>Treści nauczania – wymagania</b></p>	<p><b>FIZYKA</b> <b>Cele kształcenia – wymagania ogólne</b> I. Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych. II. Przeprowadzanie doświadczeń i wyciąganie wniosków z otrzymanych wyników.</p>	<p><b>FIZYKA</b> <b>Cele kształcenia – wymagania ogólne</b> III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. V. Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.</p> <p><b>FIZYKA</b></p>	

		<p>poszukiwanie odpowiedzi na pytania: „dlaczego?”, „jak jest?”, „co się stanie, gdy?”.</p> <p><b>II.</b> Stawianie hipotez na temat zjawisk i procesów zachodzących w przyrodzie i ich weryfikacja.</p> <p>Uczeń przewiduje przebieg niektórych zjawisk i procesów przyrodniczych, wyjaśnia proste zależności między zjawiskami; przeprowadza obserwacje i doświadczenia według instrukcji, rejestruje ich wyniki w różnej formie oraz je objaśnia, używając prawidłowej terminologii.</p> <p><b>V.</b> Obserwacje, pomiary i doświadczenia. Uczeń korzysta z różnych źródeł informacji (własnych obserwacji, badań, doświadczeń, tekstów, map, tabel, fotografii i filmów), wykonuje pomiary i korzysta z instrukcji (słownej, tekstowej i graficznej); dokumentuje i prezentuje wyniki obserwacji i doświadczeń; stosuje technologie informacyjno-</p>	<p><b>szczegółowe</b></p> <p>8. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>1) opisuje przebieg i wynik przeprowadzanego doświadczenia, wyjaśnia rolę użytych przyrządów, wykonuje schematyczny rysunek obrazujący układ doświadczalny;</p> <p>2) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla wyniku doświadczenia;</p> <p>6) odczytuje dane z tabeli i zapisuje dane w formie tabeli;</p> <p>7) rozpoznaje proporcjonalność prostą na podstawie danych liczbowych lub na podstawie wykresu oraz posługuje się proporcjonalnością prostą;</p> <p>8) sporządza wykres na podstawie danych z tabeli (oznaczenie wielkości i skali na osiach), a także odczytuje dane z wykresu;</p> <p>9) rozpoznaje zależność rosnącą i malejącą na podstawie danych z tabeli lub na podstawie wykresu oraz wskazuje wielkość maksymalną i minimalną;</p> <p>10) posługuje się pojęciem niepewności pomiarowej;</p> <p>11) zapisuje wynik pomiaru lub obliczenia fizycznego jako przybliżony (z dokładnością do 2–3 cyfr znaczących);</p> <p>12) planuje doświadczenie lub pomiar, wybiera właściwe narzędzia pomiaru; mierzy: czas, długość, masę, temperaturę, napięcie elektryczne, natężenie prądu.</p>		<p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>12. Wymagania przekrojowe</p> <p>Oprócz wiedzy z wybranych działów fizyki, uczeń:</p> <p>1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych wymienionych w podstawie programowej, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi;</p> <p>2) samodzielnie wykonuje poprawne wykresy (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali, oznaczenie niepewności punktów pomiarowych);</p> <p>3) przeprowadza złożone obliczenia liczbowe, posługując się kalkulatorem;</p> <p>4) interpoluje, ocenia orientacyjnie wartość pośrednią (interpolowaną) między danymi w tabeli, także za pomocą wykresu;</p> <p>5) dopasowuje prostą <math>y = ax + b</math> do wykresu i ocenia trafność tego postępowania; oblicza wartości współczynników <math>a</math> i <math>b</math> (ocena ich niepewności nie jest wymagana);</p> <p>6) opisuje podstawowe zasady niepewności pomiaru (szacowanie niepewności pomiaru, obliczanie niepewności względnej, wskazywanie wielkości, której pomiar ma decydujący wkład na niepewność otrzymanego wyniku wyznaczonej wielkości fizycznej);</p> <p>7) szacuje wartość spodziewanego wyniku obliczeń, krytycznie analizuje realność otrzymanego wyniku;</p>
--	--	---	---	--	---

### **Uwagi wskazujące na ewentualne poprawki funkcjonalności e-doświadczeń**

1. Nie można powiększyć okna e-Doświadczenia na cały ekran – wada w przypadku pracy na lekcji z użyciem rzutnika multimedialnego i/lub tablicy interaktywnej oraz w przypadku pracy indywidualnej słaba jakość obrazu na ekranie (Ława optyczna, Równia pochyła, Ruch ciał niebieskich)
2. Po nałożeniu wykresów na wykresie ze wzoru punkty są łączone odcinkami - źle
3. Brak narzędzia do fitowania punktów pomiarowych i dopasowania zależności matematycznej na podstawie otrzymanych wyników pomiarów i przybliżenia do krzywej teoretycznej na podstawie punktów pomiarowych.
4. W doświadczeniu „Właściwości gazów” wprowadzono opcję „tworzenia wykresów automatycznych” – opcja ta byłaby wskazana i przydatna w wielu innych e-doświadczeniach, ze względu na możliwość przyspieszenia opracowania danych doświadczalnych i ułatwienia pracy uczniom mniej zdolnym.

### **Uwagi ogólne na temat komponentów projektu „e-Doświadczenia w fizyce”**

1. Wielowariantowość i różnorodność ćwiczeń w e-doświadczeniach oraz otwartość na twórczą aktywność uczniów i nauczycieli w kreowaniu własnych e-doświadczeń – projektów badawczych.
2. E-doświadczenia obejmują swoim zakresem wiadomości i umiejętności przewidziane w podstawie programowej na wszystkich poziomach nauczania (widać to powyżej w TABELI I) od II poziomu (szkoła podstawowa, kl. IV-VI – przyroda) przez poziom III (gimnazjum, kl. I-III – fizyka, geografia) aż do IV poziomu (szkoła ponadgimnazjalna, kl. I-IV, fizyka, przyroda). W zależności od etapu nauczania można dostosować wybór ćwiczeń oraz zakres ich stosowania a także poziom opisu i interpretacji – pozwala na to duży wybór ćwiczeń i możliwości modyfikacji ćwiczeń.
3. Cenną pomocą dla nauczycieli fizyki w szkole ponadgimnazjalnej jest „PROGRAM NAUCZANIA FIZYKI W ZAKRESIE ROZSZERZONYM WRAZ Z PLANEM WYNIKOWYM ze szczególnym uwzględnieniem e-doświadczeń, jako nowoczesnej i innowacyjnej pomocy dydaktycznej”, który dla nauczycieli korzystających po raz pierwszy z e-doświadczeń jest dobrym przewodnikiem stosowania tego narzędzia w praktyce szkolnej i pozaszkolnej.
4. Większość e-doświadczeń zawiera treści wykraczające poza podstawę programową oraz pozwala ćwiczyć umiejętności badawcze wykraczające poza wymagania zawarte w podstawie programowej. Jest to niewątpliwie zaleta e-doświadczeń – pozwala to nauczycielowi wykorzystać e-doświadczenia na dodatkowych zajęciach do pracy z uczniami zdolnymi i zainteresowanymi poszerzaniem wiedzy i umiejętności. Dzięki szczegółowym opisom dodatkowych treści i ćwiczeń w podręczniku dla ucznia możliwa jest samodzielna praca ucznia. Dodatkowe treści i poszerzony zakres ćwiczeń powodują, że e-doświadczenia mogą być z powodzeniem stosowane również przez studentów kierunków technicznych i matematyczno-przyrodniczych.
5. E-doświadczenia mogą stanowić cenną pomoc w rozwiązywaniu zadań doświadczalnych i rachunkowych, jako narzędzie do ilustracji rozwiązywanego problemu, do weryfikacji poprawności rozwiązania (symulacja zjawisk) czy zrozumienia zależności matematycznych opisujących prawa fizyczne, których zrozumienie gwarantuje poprawne rozwiązanie problemu. W rozwiązywaniu zadań i problemów bardzo pomocna jest opcja tworzenia wykresów z użyciem wzorów matematycznych.

6. Powiązanie różnych działów fizyki w jednym e-doświadczeniu, np. w „Mechanice cieczy” powiązано mechanikę cieczy z maszynami prostymi, kształtuje u uczniów umiejętności projektowania, przeprowadzania i analizy pracy badawczej w przypadku złożonych zjawisk i procesów.
7. E-doświadczenia są bardzo dobrym narzędziem treningowym, przygotowującym do wykonania doświadczeń w laboratorium (w e-doświadczeniach uczeń często jest odsyłany do wykonania pomiarów w świecie realnym – np. pomiar  $g$  na Ziemi za pomocą wahadła). Pozwalają też wykonać wiele wariantów doświadczeń w świecie wirtualnym będących kontynuacją eksperymentów wykonanych w laboratorium.
8. W materiale rozszerzającym umieszczone są symulacje ważnych historycznych eksperymentów, np. doświadczenie Millikana w e-doświadczeniu „Pole elektryczne”, czy doświadczenie Fizeau w e-doświadczeniu „Doświadczenia myślowe Einsteina”.

### **Opinia o merytorycznej zawartości e-doświadczeń w kontekście ich potencjalnych zastosowań w szkołach ponadgimnazjalnych**

E-doświadczenia obejmują swoim zakresem wiadomości i umiejętności przewidziane w podstawie programowej na wszystkich poziomach nauczania (widać to powyżej w zestawieniu zaprezentowanym w TABELI I). Stąd wynika oczywisty wniosek, że mogą być wykorzystane od szkoły podstawowej (przyroda) przez gimnazjum (fizyka, geografia) aż do szkoły ponadgimnazjalnej (przyroda, fizyka). Jednak ze względu na poziom zaawansowania merytorycznego większości e-doświadczeń oraz ich zakres wiadomości i umiejętności obejmujący praktycznie wszystkie działy fizyki zawarte w podstawie programowej dla szkoły ponadgimnazjalnej, można stwierdzić, że e-doświadczenia są szczególnie przydatne dla uczniów i nauczycieli na lekcjach fizyki w szkole średniej.

Przykładowe możliwości zastosowania e-doświadczeń w procesie nauczania-uczenia się fizyki w szkole ponadgimnazjalnej:

- ✓ aktywizacja uczniów i nauczycieli przez stosowanie e-doświadczeń,
- ✓ możliwość planowania i prowadzenia przez uczniów własnych projektów badawczych realizowanych na lekcjach i w domu,
- ✓ ćwiczenie techniki laboratoryjnej jako przygotowanie do wykonywania samodzielnych doświadczeń i badań w realnym laboratorium,
- ✓ praktyczna nauka stosowania naukowej metody badawczej do badania zjawisk zachodzących w przyrodzie,
- ✓ wykorzystanie e-doświadczeń do symulacji i modelowania zjawisk,
- ✓ rozwijanie umiejętności szacowania i obliczania niepewności pomiaru,
- ✓ narzędzie wspierające ucznia w rozwiązywaniu zadań doświadczalnych i rachunkowych.

### **Opinia o realizacji technicznej e-doświadczeń**

Po przetestowaniu e-doświadczeń mogę stwierdzić, że autorzy aplikacji w projekcie dołożyli wielu starań, aby funkcjonalność techniczna była na wysokim poziomie. Większość e-doświadczeń działa bez żadnych problemów, a ich obsługa przez użytkownika jest często intuicyjna. Tam gdzie e-doświadczenia, ze względu na swoją złożoność, nie dają się obsługiwać intuicyjnie użytkownik uzyskuje wsparcie w szczegółowych instrukcjach do ćwiczeń, które pozwalają krok po kroku wykonywać ćwiczenia bez większych problemów. Aby produkt był jeszcze bardziej przyjazny dla użytkowników należy w niektórych e-doświadczeniach poprawić ich funkcjonalność, wprowadzając poprawki wskazane powyżej w szczegółowych uwagach.

## **Opinia o merytorycznej zawartości podręczników dla ucznia i nauczyciela zawierających instrukcje do ćwiczeń w kontekście ich potencjalnych zastosowań w szkołach ponadgimnazjalnych**

Podręcznik ucznia zawiera – przy większości e-doświadczeń – materiał merytoryczny (wprowadzenie teoretyczne), które obejmuje swoim zakresem treści i wymagania zawarte w podstawie programowej dla szkoły ponadgimnazjalnej. Ważnym elementem podręcznika dla ucznia są instrukcje do ćwiczeń w każdym e-doświadczeniu. Instrukcje zawierają pełny i szczegółowy opis procedury przeprowadzenia e-doświadczenia zarówno od strony manualnej (jak obsługiwać aplikację), jak i od strony laboratoryjnej (jak przeprowadzić eksperyment i jak sterować aparaturą pomiarową, jak przeprowadzić analizę wyników pomiaru).

Każda instrukcja do wykonania ćwiczenia umieszczona w podręczniku dla ucznia stwarza możliwość samodzielnej, twórczej pracy ucznia, dzięki pytaniom i sugestiom zawartym w części „Zastanów się”.

Podręcznik nauczyciela zawiera ten sam materiał merytoryczny i instrukcje do ćwiczeń do kolejnych e-doświadczeń, które znajdują się w podręczniku dla ucznia. Zaletą podręcznika dla nauczyciela fizyki w szkole ponadgimnazjalnej są dodatkowe materiały metodyczne ułatwiające nauczycielowi planowanie i organizowanie procesu nauczania-uczenia się, takie jak: cele ćwiczeń oraz wskazówki ułatwiające przeprowadzenie ćwiczenia zgodnie z podaną instrukcją i wskazujące możliwość tworzenia własnych, nowych ćwiczeń i instrukcji dla uczniów.

Większość e-doświadczeń zawiera treści wykraczające poza podstawę programową oraz pozwala ćwiczyć umiejętności badawcze wykraczające poza wymagania zawarte w podstawie programowej. Jest to niewątpliwie zaleta e-doświadczeń – pozwala to nauczycielowi wykorzystać e-doświadczenia na dodatkowych zajęciach do pracy z uczniami zdolnymi i zainteresowanymi poszerzaniem wiedzy i umiejętności lub przygotowujących się do konkursów i olimpiad fizycznych.

Z powyższego wynika, że podręczniki dla ucznia i dla nauczyciela są w pełni przydatne do stosowania ich na lekcjach fizyki i w pracy pozalekcyjnej w szkole ponadgimnazjalnej. Aby produkt był całkowicie zgodny z podstawą programową należy w niektórych e-doświadczeniach poprawić nieścisłości, głównie terminologiczne (wskazane powyżej w szczegółowych uwagach).

## **Opinia o potencjalnych korzyściach wynikających z wykorzystania e-doświadczeń na lekcjach fizyki w szkołach ponadgimnazjalnych**

Przykładowe potencjalne korzyści zastosowania e-doświadczeń na lekcjach fizyki w szkole ponadgimnazjalnej:

- ✓ zainteresowanie uczniów fizyką,
- ✓ prezentacja roli fizyki w rozwoju nauki i cywilizacji oraz wpływu fizyki na życie codzienne,
- ✓ rozwijanie umiejętności matematycznych (np. przekształcenia wzorów, rysowanie wykresów funkcji, badanie funkcji),
- ✓ wprowadzenie aktywizujących metod nauczania na lekcjach fizyki przez stosowanie e-doświadczeń,
- ✓ rozwijanie umiejętności planowania i prowadzenia przez uczniów własnych projektów badawczych realizowanych na lekcjach i w domu,
- ✓ doskonalenie u uczniów umiejętności wykonywania eksperymentów i wyciągania wniosków z otrzymanych wyników,



- ✓ doskonalenie umiejętności opisywania przebiegu i wyniku przeprowadzanego doświadczenia, wyjaśniania roli użytych przyrządów, wykonywania schematycznych rysunków obrazujących układ doświadczalny,
- ✓ rozwijanie umiejętności stosowania technologii informacyjnej – np. wykorzystanie e-doświadczeń do symulacji i modelowania zjawisk,
- ✓ kształtowanie umiejętności wyodrębniania zjawiska z kontekstu i wskazywania czynników istotnych i nieistotnych dla wyniku doświadczenia,
- ✓ kształtowanie umiejętności samodzielnego wykonywania poprawnych wykresów (właściwe oznaczenie i opis osi, wybór skali, oznaczenie niepewności punktów pomiarowych),
- ✓ doskonalenie umiejętności szacowania i obliczania niepewności pomiaru.

Przedstawiona powyżej, zapewne niepełna, lista potencjalnych korzyści zastosowania e-doświadczeń na lekcjach fizyki w szkole ponadgimnazjalnej pokazuje jak szeroką i ważną rolę w nauczaniu fizyki może odegrać zastosowanie e-doświadczeń w nauczaniu fizyki na poziomie szkoły średniej.

### **Opinia o dostępności produktu dla uczniów i nauczycieli**

Wszystkie elementy produktu (e-doświadczenia, podręcznik ucznia i podręcznik dla nauczyciela) dostępne są do uruchomienia lub utworzenia plików tekstowych on-line na stronie internetowej projektu „e-Doświadczenia w fizyce”.

W przypadku, gdy uczeń lub szkoła nie dysponuje szybkim łączem internetowym i niektóre e-doświadczenia w wersji on-line mogą nie funkcjonować płynnie i bez zakłóceń istnieje możliwość bezpłatnego ściągnięcia na komputer lokalny użytkownika wszystkich aplikacji z e-doświadczeniami (i darmowego programu obsługującego aplikacje) oraz podręcznika dla ucznia i nauczyciela (instrukcja manualna + instrukcja do e-doświadczeń + niezbędna wprowadzenie lub uzupełnienie teoretyczne + wskazówki metodyczne). Po ściągnięciu aplikacji i zainstalowaniu darmowego programu obsługującego aplikacje można bez żadnych problemów uruchomić dowolne e-doświadczenie w trybie off-line.

Mirosław Łoś

Członek Kapituły Nagrody PTF dla Nauczycieli Fizyki przy Zarządzie Głównym PTF,  
Doradca metodyczny fizyki  
w Mazowieckim Samorządowym Centrum Doskonalenia Nauczycieli (MSCDN)  
Wydział w Warszawie