Instytut Badań Edukacyjnych

Utwór ten powstał w ramach projektu *„Badanie jakości i efektywności edukacji oraz instytucjonalizacja zaplecza badawczego”* współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego. Na podstawie powyższego projektu zadania zestawił Bogdan Sawicki.

Spis zadań - liceum

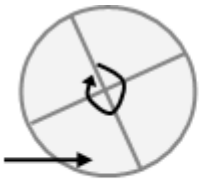
Karuzela....2
Rzut piłką....3
Obwód elektryczny....5
Łódka i plecak....7
Bomba atomowa....9
Spadające jabłko....10
Pomiar odległości Księżyca....12
Budowa Galaktyki....13
Siła dośrodkowa....15
Spadająca winda....19
Podróż na Księżyc....21
Koszty gotowania wody....23
Wyniki pomiarów....25
Ciężarek na nici....27
Wyznaczanie gęstości....29
Liczba masowa i liczba atomowa....30
Porównanie sił grawitacji....33
Prawo Hubble'a....35
Paralaksa roczna....37
Doświadczenie z żelazkiem....38
Tory samochodów....41
Energia spoczynkowa....43
Trzecie prawo Keplera....45
Fazy Księżyca....47
Zjawisko fotoelektryczne....49
Siła tarcia jako siła dośrodkowa....50
Oddziaływanie jądrowe....52
Izotopy nietrwałe....54
Poziomy energetyczne....55
Efekt fotoelektryczny....58
Wyrzutnia paczek....60
Barwa światła....62
Metoda XPS Rentgenowska Spektroskopia Fotoelektronowa....64
Rozpad węgla promieniotwórczego....69
Datowanie radiowęglowe....72
Licznik Geigera-Müllera....79
Gwiazdozbiór Oriona....81
Izotopy helu....83
Zegarek i licznik Geigera-Müllera....84
Paralaksa....87
Stacja badawcza....89
Rozszczepienie uranu....90
Rozszczepienie jądra atomowego....92
Węgiel....94
Datowanie....95

Karuzela

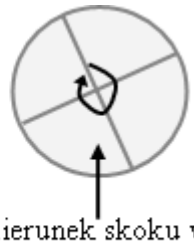
Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Praca domowa

Zadanie

Na placu zabaw karuzela kręciła się zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Janek wskakiwał na nią na dwa różne sposoby (rysunek, widok z góry). Po skoku karuzela nadal obracała się w tę samą stronę.



I. Kierunek skoku prostopadły do promienia karuzeli



II. Kierunek skoku wzdłuż promienia karuzeli

Jak po skoku Janka zmieniła się prędkość kątowa karuzeli w opisanych sytuacjach?

☐A. W I zmalała, w II nie zmieniła się.

☐B. W obu zmalała tak samo.

☐C. W obu zmalała, jednak w II bardziej niż w I.

☐D. W obu zmalała, jednak w I bardziej niż w II.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

D.

Wymaganie ogólne

R1 (Rozszerzenie) Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.

Wymaganie szczegółowe

102.6 (Rozszerzenie) Mechanika bryły sztywnej. Uczeń opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi przechodzącej przez środek masy (prędkość kątowa, przyspieszenie kątowe)
102.8 (Rozszerzenie) Mechanika bryły sztywnej. Uczeń stosuje zasadę zachowania momentu pędu do analizy ruchu

Komentarz

Zadanie opisuje dość typowy problem z zakresu mechaniki ruchu obrotowego bryły sztywnej, jednak w nietypowej sytuacji. W zadaniu nie ma bowiem żadnych „danych” ani „szukanych” wielkości – uczeń ma dokonać jedynie analizy pozwalającej na uszeregowanie oczekiwanych wartości.

W sytuacji II prosta, na której leży wektor prędkości Janka, przechodzi przez oś obrotu karuzeli (lub też tuż obok niej), w efekcie prędkość Janka nie ma wpływu na moment pędu układu. Karuzela jednak zwolni, gdyż usadowienie się na niej Janka zwiększy całkowity moment bezwładności układu. Zgodnie z zasadą zachowania momentu pędu, prędkość karuzeli zmniejszy się.

W sytuacji I nie tylko wzrośnie moment bezwładności układu, ale i dodatkowo początkowy pęd Janka w chwili wskakiwania na karuzelę zmniejszy całkowity moment pędu układu chłopiec–karuzela. Stąd prędkość kątowa karuzeli zmniejszy się bardziej niż w sytuacji II.

W przeprowadzonym wśród uczniów liceów ogólnokształcących badaniu, poprawną odpowiedź wybrała niemal dokładnie połowa uczniów, przy czym widać dość silną korelację między wynikami tego zadania a w wynikami całego wykorzystanego w badaniu testu. Stosunkowo duża grupa uczniów (niemal ¼) wybrała odpowiedź C. Oznacza to, że przytłaczająca większość uczniów odrzuciła odpowiedzi A i B. Wybranie odpowiedzi A świadczyłoby o pominięciu efektu zmiany momentu bezwładności układu, a odpowiedzi B – o pominięciu wpływu niezerowego momentu pędu Janka w sytuacji I.

Zadanie nadaje się na pracę klasową lub sprawdzian jako dobrze weryfikujące rozumienie istoty zagadnień przy małej czasochłonności. W zadaniu warto dodać celem rozwiania ewentualnych wątpliwości, iż karuzela nie posiada żadnego własnego napędu.

Słowa kluczowe

bryła sztywna | moment bezwładności | moment pędu | prędkość kątowa

Rzut piłką

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji

Zadanie

Janek podrzucił piłkę w górę. Przyjmujemy, że można pominąć opór powietrza.

(1) Przyspieszenie w trakcie lotu piłki w górę

☐A. pozostanie stałe.

☐B. będzie maleć.

☐C. będzie rosnąć.

(2) W najwyższym punkcie, jaki osiągnie piłka, wartość przyspieszenia będzie

☐A. równa zero.

☐B. równa wartości przyspieszenia ziemskiego.

☐C. zależała od prędkości początkowej piłki.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. A., 2. B.

Wymaganie ogólne

R1 (Rozszerzenie) Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.

Wymaganie szczegółowe

101.4 (Rozszerzenie) Ruch punktu materialnego. Uczeń wykorzystuje związki pomiędzy położeniem, prędkością i przyspieszeniem w ruchu jednostajnym i jednostajnie zmiennym do obliczania parametrów ruchu
101.6 (Rozszerzenie) Ruch punktu materialnego. Uczeń oblicza parametry ruchu podczas swobodnego spadku i rzutu pionowego

Komentarz

Zadanie sprawdza rozumienie pojęcia przyspieszenie w ruchu jednostajnie zmiennym na przykładzie ruchu piłki w ziemskim polu grawitacyjnym i zostało wykorzystane w badaniu, w którym wzięli udział uczniowie klas drugich liceum ogólnokształcącego. Wprawdzie zostało ono przygotowane z myślą o zakresie rozszerzonym IV etapu edukacyjnego, jednak zadanie to można wykorzystać również realizując zakres podstawowy. W tym przypadku można powołać się na następujące wymagania szczegółowe: uczeń (1. 6) *posługuje się pojęciem przyspieszenia do opisu ruchu prostoliniowego jednostajnie przyspieszonego* (III etap edukacyjny) oraz (4. 1) *wykorzystuje prawo powszechnego ciążenia do obliczenia siły oddziaływań grawitacyjnych między masami punktowymi i sferycznie symetrycznymi* (III etap edukacyjny, zakres podstawowy).

Absolwent gimnazjum powinien wiedzieć, że na ciało poruszające się swobodnie w ziemskim polu grawitacyjnym działa siła ciężkości proporcjonalna do masy tego ciała oraz do wartości ziemskiego przyspieszenia grawitacyjnego. Innymi słowy, ciało to porusza się z przyspieszeniem równym dokładnie wartości przyspieszenia grawitacyjnego g. Jeśli zaniedbamy opór powietrza, to ruch piłki jest ruchem swobodnym: działamy na nią dodatkową siłą jedynie w momencie jej podrzucenia do góry, jednak od chwili w której piłka traci kontakt z ręką, jej ruch odbywa się wyłącznie na skutek oddziaływania grawitacyjnego. W takim razie przyspieszenie piłki w trakcie jej lotu w górę pozostanie stałe (i jego wartość wyniesie g). Niemniej tylko 14% osób biorących udział w badaniu udzieliło takiej odpowiedzi. Większość uczniów (69%) odpowiedziało, że przyspieszenie piłki w trakcie jej lotu będzie maleć, a 16% - że będzie rosnąć.

Równie problematyczna okazała się dla uczniów druga część zadania. Warto zauważyć, że piłka w trakcie całego swojego lotu poruszała się ze stałym przyspieszeniem. Maksymalna wysokość, na jaką się wzniosła zależała jedynie od jej prędkości początkowej, czyli od energii mechanicznej, jaką dostarczyliśmy piłce w chwili wyrzutu. W trakcie zmiany kierunku ruchu nie doszło zatem do zmiany wartości przyspieszenia piłki. Wznosząc się, piłka hamowała, ponieważ siła grawitacji działała przeciwnie do kierunku jej ruchu. W najwyższym punkcie, jaki osiągnęła piłka, wartość jej przyspieszenia była równa wartości przyspieszenia ziemskiego (tak samo jak w każdym innym punkcie jej swobodnego ruchu). Takiej odpowiedzi udzieliło 10% uczniów. Nieco więcej osób doszło do błędnego wniosku, że wartość przyspieszenia ziemskiego w najwyższym punkcie będzie zależała od prędkości początkowej piłki (17,5%), przede wszystkim jednak uczniowie odpowiadali, że w punkcie tym wartość przyspieszenia piłki będzie równa zero (71,5%).

Całość zadania prawidłowo rozwiązało zaledwie 2% uczniów. Największa trudność tkwiła w tym, że w opisanym przypadku przyspieszenie piłki było stałe, pomimo zmiany zwrotu wektora prędkości. Mogli tego nie zauważyć nawet uczniowie, którzy rozumieją, że przy stałym przyspieszeniu zmienia się wartość prędkości ciała. Tymczasem aż 56,5% uczestników badania wybrało kombinację odpowiedzi 1–B, 2–A: „przyspieszenie w trakcie lotu piłki w górę będzie maleć. W najwyższym punkcie, jaki osiągnie piłka, wartość przyspieszenia będzie równa zero”. Wydaje się, że osoby te pomyliły pojęcie przyspieszenia z pojęciem prędkości lub też utożsamiły malejącą prędkość piłki z malejącym przyspieszeniem. Wskazuje to na problemy uczniów ze zrozumieniem samej definicji przyspieszenia i jego związku z prędkością poruszającego się ciała, w szczególności w odniesieniu do ruchu jednostajnie zmiennego, który z definicji odbywa się przy stałej wartości przyspieszenia.

Słowa kluczowe

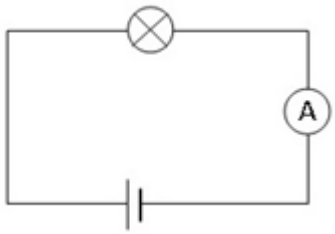
przyspieszenie | ruch jednostajnie zmienny

Obwód elektryczny

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Sprawdzian

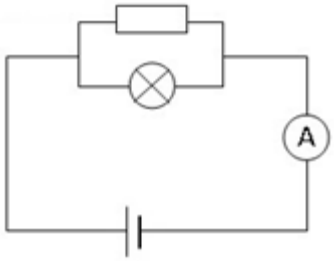
Zadanie

Janek zbudował obwód składający się z żarówki, bateryjki o pomijalnym oporze wewnętrznym i amperomierza (schemat 1).



Schemat 1

Chciał sprawdzić, czy równoległe połączenie opornika z żarówką wpłynie na jasność jej świecenia (schemat 2).



Schemat 2

Uzupełnij odpowiedź, aby otrzymać zdania prawdziwe.

(1) Po podłączeniu opornika równolegle żarówka będzie świeciła

☐A. mocniej niż

☐B. słabiej niż

☐C. tak samo jak

żarówka w obwodzie bez opornika.

(2) Równoległe połączenie opornika z żarówką

☐A. nie wpłynie na natężenie

☐B. spowoduje spadek natężenia

☐C. spowoduje wzrost natężenia

płynącego przez nią prądu.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. C., 2. A.

Wymaganie ogólne

R5 (Rozszerzenie) Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.

Wymaganie szczegółowe

Komentarz

Zadanie sprawdza umiejętność projektowania prostych doświadczeń fizycznych i odwołuje się do sytuacji, z którą mamy do czynienia np. w przypadku instalacji oświetleniowej w mieszkaniu, w której żarówki są połączone równolegle. Jak można zaobserwować, włączenie kolejnej żarówki do obwodu nie wpływa na jasność pozostałych żarówek. Najprościej wyjaśnić to na przytoczonym w zadaniu przykładzie: na rysunku górnym mamy obwód składający się ze źródła prądu (baterii), żarówki oraz amperomierza. Prąd wytwarzany przez baterię charakteryzuje się stałą wartością napięcia, jego natężenie natomiast jest zmienne i może przybierać dowolne wartości nieprzekraczające wartości maksymalnej dla danego typu ogniwa.

Na kolejnym rysunku mamy ten sam obwód po niewielkiej modyfikacji: żarówka została połączona równolegle z opornikiem. Zauważmy, że przy takim połączeniu nie zmieniło się napięcie na zaciskach żarówki, wobec tego, zgodnie z prawem Ohma, natężenie płynącego przez nią prądu również nie mogło się zmienić (żarówka posiada stały opór). Jedynym efektem włączenia dodatkowego opornika w obwód jest zwiększenie poboru mocy z baterii, a co za tym idzie – zwiększenie natężenia prądu pobieranego z baterii. Nie wpłynie to jednak na jasność świecenia żarówki, ponieważ część mocy zostanie pobrana przez dodatkowy opornik. Prawidłową odpowiedzią jest w tym przypadku kombinacja 1–C, 2–A „Po

podłączeniu opornika równolegle żarówka będzie świeciła tak samo jak żarówka w obwodzie bez opornika. Równoległe połączenie opornika z żarówką nie wpłynie na natężenie płynącego przez nią prądu”.

Zadanie zostało wykorzystane w badaniu, w którym wzięli udział uczniowie klas drugich liceów ogólnokształcących. Prawidłowej odpowiedzi udzieliło 22% uczniów, przy czym rozwiązywalność części pierwszej zadania wyniosła 32%, a części drugiej – 28%. Nie jest to wynik imponujący, biorąc pod uwagę fakt, że do rozwiązania tego zadania w zupełności wystarczają umiejętności z zakresu gimnazjum.

Wyniki uzyskane w badaniu wskazują na niedostateczne ugruntowanie tych wiadomości wśród licealistów. W pierwszej części zadania niemal 46% uczniów uznało, że w przypadku schematu 2 żarówka będzie świecić słabiej. Prawdopodobnie większość z nich doszła do błędnego wniosku, że równoległe połączenie opornika z żarówką spowoduje zmniejszenie natężenia płynącego przez nią prądu, co z kolei przełoży się na zmniejszenie mocy żarówki, a tym samym – jej jasności. Potwierdzeniem takiego przypuszczenia jest fakt, iż w drugiej części zadania aż 51% uczestników badania wybrało odpowiedź B.

Słowa kluczowe moc prądu | opór omowy | połączenie równoległe oporników

Łódka i plecak

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji

Zadanie

Jaś i Małgosia siedzieli na nieruchomej łódce w dwóch jej końcach. W pewnym momencie Jaś rzucił do Małgosi plecak, który po krótkim locie został złapany przez dziewczynkę.

Zakładając brak oporów ruchu wybierz poprawne dokończenie zdań.

1) W czasie lotu plecaka łódka

☐A. będzie się poruszać w tą samą stronę co plecak.

☐B. będzie się poruszać w przeciwną stronę niż plecak.

☐C. nie będzie się poruszać.

2) Gdy Małgosia złapie plecak, łódka

☐A. nadal będzie się poruszać.

☐B. nadal pozostanie w spoczynku.

☐C. przestanie się poruszać.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. B., 2. C.

Wymaganie ogólne

R1 (Rozszerzenie) Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.

Wymaganie szczegółowe

R1.10 (Rozszerzenie) Ruch punktu materialnego. Uczeń wykorzystuje zasadę zachowania pędu do obliczania prędkości ciał podczas zderzeń niesprężystych i zjawiska odrzutu

Komentarz

Zadanie sprawdza rozumienie zasady zachowania pędu w sytuacjach praktycznych i zostało wykorzystane w badaniu, w którym wzięli udział uczniowie klas drugich liceum ogólnokształcącego. Aby je rozwiązać, należy na podstawie zasady zachowania pędu określić, w jaki sposób czynność wykonana przez Jasia (rzucenie plecaka do Małgosi) wpłynie na zachowanie łódki. Wiemy, że początkowo łódka nie poruszała się. Pęd ciała zdefiniowany jest jako iloczyn jego masy i prędkości i w przypadku ciała nieruchomego wynosi on zero. Tyle też wynosi początkowy pęd łódki, w której znajdują się dzieci oraz plecak.

Nadanie pewnej prędkości plecakowi i wyrzuceniu go w powietrze jest jednoznaczne z nadaniem mu niezerowego pędu. Wobec tego, w trakcie lotu plecaka łódka będzie się poruszać w kierunku przeciwnym do kierunku ruchu plecaka. Tylko w takiej sytuacji sumaryczny pęd obu ciał wyniesie zero (pamiętamy przy tym, że pęd jest wielkością wektorową). Po złapaniu plecaka przez Małgosię, jego pęd będzie wynosił zero. W tej sytuacji łódka się zatrzyma, co zapewni zachowanie pędu całego układu. Prawidłowym rozwiązaniem zadania jest zatem kombinacja 1 – B, 2 – C „W czasie lotu plecaka łódka będzie się poruszać w przeciwną stronę niż plecak. Gdy Małgosia złapie plecak, łódka przestanie się poruszać”.

Interpretacja tej sytuacji najwyraźniej była dla uczniów bardzo nieoczywista. Pierwszą część zadania prawidłowo rozwiązało 54% osób biorących udział w badaniu, przy czym ten fragment zadania praktycznie ich nie różnicował. Najczęściej wybieraną odpowiedzią nieprawidłową była odpowiedź C „w trakcie lotu plecaka łódka nie będzie się poruszać” (29%). Nieprawidłową odpowiedź A „łódka będzie się poruszać w tą samą stronę co plecak” wskazało natomiast 17% uczestników badania. Wynika z tego, że co drugi uczeń nie był w stanie na podstawie zasady zachowania pędu określić kierunku ruchu łódki.

Druga część zadania okazała się jeszcze bardziej problematyczna. Prawidłowej odpowiedzi udzieliło w tym przypadku 37% uczniów, ale praktycznie równy odsetek osób (38%) wskazał nieprawidłową odpowiedź A „Gdy Małgosia złapie plecak, łódka nadal będzie się poruszać”. Nieprawidłową odpowiedź B „Gdy Małgosia złapie plecak, łódka nadal pozostanie w spoczynku” wybrało z kolei 25% uczestników badania. W przeciwieństwie do poprzedniej części ten fragment zadania różnicował uczniów – istnieje korelacja pomiędzy wynikiem uzyskanym przez ucznia z całości testu a prawdopodobieństwem wybrania prawidłowej odpowiedzi C.

Całość zadania prawidłowo rozwiązało 28% uczniów, przy czym niewiele mniej osób poszło tokiem rozumowania, który doprowadził ich do kombinacji odpowiedzi 1 – C, 2 – B „W czasie lotu plecaka łódka nie będzie się poruszać. Gdy Małgosia złapie plecak, łódka nadal pozostanie w spoczynku” (22%). Możliwe, że osoby te rozważały ruch plecaka jako zmianę pędu wewnętrznego układu, która nie ma

wpływu na zachowanie łódki, Przemawiałby za taką hipotezą fakt, iż na taką odpowiedź trzykrotnie częściej decydowali się uczniowie uzyskujący przeciętne i wysokie wyniki z całości testu niż uczniowie uzyskujący wyniki słabe.

Słowa kluczowe pęd | zasada zachowania pędu

Bomba atomowa

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Sprawdzian

Zadanie

Przy konstrukcji bomby atomowej wykorzystuje się fakt, iż reakcja łańcuchowa, konieczna do wydzielenia znacznych ilości energii w krótkim czasie, zachodzi od pewnej wartości masy materiału rozszczepialnego (tak zwanej masy krytycznej). Czym bardziej masa materiału rozszczepialnego przekracza masę krytyczną, tym bardziej wydajna jest reakcja łańcuchowa. Dla izotopu uranu ^{235}U masa krytyczna wynosi około 50 kg.

„Little Boy" to kryptonim bomby atomowej zrzuconej 6 sierpnia 1945 roku na Hiroszimę. Bomba ta zawierała łącznie 64 kg izotopu uranu ^{235}U. Jej siłę wybuchu oszacowano na 13 kiloton trotylu.

Na podstawie powyższego tekstu można wnioskować, że bomba atomowa zawierająca dwa razy więcej izotopu ^{235}U

☐A. nie wybuchłaby, gdyż masa materiału rozszczepialnego byłaby zbyt duża, aby zaszła reakcja łańcuchowa.

☐B. nie wybuchłaby, ponieważ większa masa bomby wymagałaby zastosowania cięższego izotopu ^{238}U.

☐C. wybuchłaby i mogłaby mieć większą siłę wybuchu dzięki większej ilości materiału rozszczepialnego.

☐D. wybuchłaby i miałaby taką samą siłę wybuchu, gdyż reakcji łańcuchowej ulega tylko niewielka część materiału rozszczepialnego.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

C.

Wymaganie ogólne

1 Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.
3 Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.

Wymaganie szczegółowe

3.9 Fizyka jądrowa. Uczeń opisuje reakcję rozszczepienia uranu 235U zachodzącą w wyniku pochłonięcia neutronu podaje warunki zajścia reakcji łańcuchowej

Komentarz

Prezentowane zadanie sprawdza umiejętność analizy tekstu. Na podstawie opisu konstrukcji bomby atomowej oraz warunków zajścia reakcji łańcuchowej, uczeń powinien ocenić, czy bomba zawierająca dwukrotnie więcej izotopu uranu ^{235}U niż bomba zrzucona na Hiroszimę wybuchłaby, oraz oszacować siłę takiego wybuchu.

Zadanie było rozwiązywane przez uczniów drugich klas liceum ogólnokształcącego i aż 84,6% z nich rozwiązało je prawidłowo, wskazując odpowiedź C. Zadanie niezbyt mocno różnicowało uczniów. Do prawidłowego rozwiązania można było dojść przeprowadzając proste rozumowanie: skoro reakcja łańcuchowa zachodzi powyżej masy krytycznej izotopu ^{235}U, to wybuchnie każda bomba, zawierająca więcej materiału rozszczepialnego niż wymagane minimum. Skoro wydajność reakcji łańcuchowej zależy od masy uranu^{235}U, możemy się spodziewać, że siła wybuchu bomby zawierającej dwukrotnie więcej tego pierwiastka niż wykorzystano w bombie „Little boy" będzie większa niż siła wybuchu wspomnianej bomby.

Odpowiedzi A, B i D były bardzo rzadko wybierane przez osoby biorące udział w badaniu (odpowiednio 3,7%, 4,8% i 5,9%). Prawdopodobnie wybierali je głównie uczniowie, którzy decydowali się na losowy wybór rozwiązania.

Słowa kluczowe reakcje jądrowe

Spadające jabłko

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Sprawdzian

Zadanie

Chłopcy zauważyli, że jabłka, które spadły z drzewa, są bardzo mocno poobijane. Zaczęli się zastanawiać, jak wyznaczyć prędkość z jaką owoce uderzają o ziemię. Przyszły im do głowy trzy pomysły.

Który z pomysłów nadaje się do wyznaczenia prędkości jabłka uderzającego o ziemię?

Pomysł	**Czy nadaje się do wyznaczenia prędkości jabłka?**
1. Należy zmierzyć czas spadania jabłka oraz posłużyć się wartością przyspieszenia ziemskiego, zamieszczoną w tablicach.	☐Tak / ☐Nie
2. Należy zmierzyć wysokość z jakiej spadło jabłko oraz czas jego spadania.	☐Tak / ☐Nie
3. Należy zmierzyć wysokość z jakiej spadło jabłko oraz posłużyć się wartością przyspieszenia ziemskiego, zamieszczoną w tablicach.	☐Tak / ☐Nie

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1.Tak., 2.Tak., 3.Tak.

Wymaganie ogólne

R1 (Rozszerzenie) Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.

Wymaganie szczegółowe

101.6 (Rozszerzenie) Ruch punktu materialnego. Uczeń oblicza parametry ruchu podczas swobodnego spadku i rzutu pionowego

Komentarz

Prezentowane zadanie było rozwiązywane przez uczniów drugich klas liceum ogólnokształcącego. Zadanie sprawdza umiejętność planowania doświadczeń. W tym przypadku uczeń powinien ocenić, który z pomysłów zestawionych w tabeli nadaje się do wyznaczenia prędkości jabłka uderzającego o ziemię. Ponieważ w każdym wierszu tabeli zaproponowano metodę która prowadzi do wyznaczenia dwóch z czterech zmiennych układu równań opisujących ruch jabłka, każda z przedstawionych metod nadaje się do wyznaczenia prędkości spadającego przedmiotu.

Jabłko spadające z drzewa to klasyczny przykład ruchu jednostajnie przyspieszonego, odbywającego się pod wpływem siły grawitacji (tak zwany spadek swobodny). W tym przypadku ruch jabłka można opisać przy pomocy dwóch równań, z których jedno opisuje zależność drogi przebytej przez jabłko od czasu, a drugie – zależność prędkości chwilowej jabłka od czasu:. Ze względu na to, że mamy dwa równania w których występują w sumie cztery zmienne (przebyta droga, czas spadku, prędkość chwilowa oraz przyspieszenie jabłka), musimy znać wartości dowolnych dwóch zmiennych, aby rozwiązać ten układ równań.

Aby rozwiązać to zadanie nie były konieczne żadne przekształcenia podanych wzorów (pod warunkiem opanowania pewnego aparatu matematycznego i dobrego zrozumienia sensu wzorów opisujących ruch jednostajnie zmienny). Jeśli chodzi o pierwszą część zadania to należało zauważyć, że zmierzony czas spadania jabłka oraz odczytana z tablic wartość przyspieszenia ziemskiego wystarczą do wyznaczenia prędkości jabłka w chwili jego upadku – obie te wielkości powinniśmy podstawić bezpośrednio do wzoru opisującego zależność prędkości chwilowej od czasu. Ten etap zadania rozwiązało prawidłowo 50,8% uczniów.

W kolejnej części zadania mierzymy wysokość z której spadło jabłko, co jest tożsame z pomiarem przebytej przez nie drogi, oraz czas spadania jabłka. Wobec tego z pierwszego z powyższych równań możemy wyznaczyć wartość przyspieszenia ziemskiego, a następnie podstawić ją do równania drugiego. Również ta metoda prowadzi do wyznaczenia prędkości jabłka uderzającego o ziemię. Takiej odpowiedzi udzieliło 51,5% uczestników badania.

Najmniej kłopotliwa okazała się dla uczniów trzecia część zadania. W tym przypadku również mierzymy wysokość z której spadło jabłko oraz odczytujemy wartość przyspieszenia ziemskiego z tablic. Jeśli podstawimy te wielkości do pierwszego równania to wyznaczymy z niego czas spadania jabłka, który z kolei możemy podstawić do drugiego równania. Zatem także ten pomysł pozwoli wyznaczyć końcową prędkość jabłka, co zauważyło 66,2% uczniów.

Prawidłowej odpowiedzi we wszystkich trzech częściach zadania udzieliło zaledwie 7,2% uczniów. Uzyskane wyniki jasno wskazują, że uczniowie mają problemy z zastosowaniem nabytej w szkole wiedzy, gubiąc się w sytuacjach praktycznych. Wpływ na rozwiązywalność zadania mogła mieć również jego konstrukcja - we wszystkich trzech wierszach należało udzielić takiej samej odpowiedzi. Z badań

prowadzonych w Pracowni Przedmiotów Przyrodniczych wynika bowiem, że rozwiązywalność tego typu zadań jest stosunkowo niska.

Słowa kluczowe

przyspieszenie ziemskie | spadek swobodny

Pomiar odległości Księżyca

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Sprawdzian

Zadanie

Michał postanowił zmierzyć odległość pomiędzy Ziemią a Księżycem wykorzystując zjawisko paralaksy. Razem z kolegami zastanawiał się, w jaki sposób powinni przeprowadzić obserwacje.

Rozstrzygnij czy proponowane przez chłopców metody pozwolą wyznaczyć odległość pomiędzy Ziemią a Księżycem.

Proponowana metoda	**Czy pozwoli wyznaczyć odległość pomiędzy Ziemią a Księżycem?**
1. Trzeba umówić się przez Internet z kolegą z Południowej Afryki i określić dokładnie położenie Księżyca na tle gwiazd o tej samej godzinie.	☐Tak / ☐Nie
2. Trzeba określić dokładnie położenie Księżyca na tle gwiazd, odczekać pół roku i powtórzyć obserwację o tej samej godzinie.	☐Tak / ☐Nie
3. Trzeba określić dokładnie położenie Księżyca na tle gwiazd, odczekać rok i powtórzyć obserwację o tej samej godzinie.	☐Tak / ☐Nie

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1.Tak., 2. Nie., 3. Nie.

Wymaganie ogólne

3 Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.

Wymaganie szczegółowe

1.9 Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń 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

Komentarz

Prezentowane zadanie było rozwiązywane przez uczniów drugich klasach liceum ogólnokształcącego. Sprawdza ono umiejętność planowania prostych obserwacji na przykładzie pomiaru odległości pomiędzy Ziemią a Księżycem, opartego na metodzie paralaksy geocentrycznej. Idea tego pomiaru jest bardzo prosta: dwie osoby znajdujące się w różnych miejscach na Ziemi powinny w tej samej chwili zanotować położenie Księżyca na tle gwiazd.

Obaj obserwatorzy, patrzący z różnych punktów na powierzchni Ziemi, zaobserwują Księżyc w nieco innym położeniu względem najbliższych gwiazdozbiorów. Kąt pomiędzy linią łączącą obserwatora 1 z Księżycem, a linią łączącą obserwatora 2 z Księżycem będzie tym większy, im dalej od siebie znajdą się obserwatorzy. Idealną sytuacją byłoby, gdyby obserwatorzy mogli ustawić się po przeciwnych stronach Ziemi tak, aby jej średnica utworzyła podstawę trójkąta równobocznego, a linie łączące ich z Księżycem – jego boki. Odległość pomiędzy Ziemią a Księżycem można wyznaczyć wówczas z bardzo prostych rozważań geometrycznych, jeśli tylko znamy promień Ziemi i zmierzyliśmy dokładnie kąt paralaksy.

Z metod proponowanych w zadaniu tylko metoda pierwsza jest zgodna z ideą tego pomiaru, co zauważyło 42% uczniów, zaznaczając odpowiedź „Tak”. Dwie kolejne metody w żaden sposób nie mogą posłużyć do wyznaczenia odległości pomiędzy Ziemią a Księżycem, ponieważ w obu przypadkach obserwujemy Księżyc z tego samego miejsca na Ziemi. Zmiana jego położenia na tle gwiazd wynika wówczas jedynie z faktu, że okres obiegu Ziemi wokół Słońca nie jest wielokrotnością okresu obiegu Księżyca wokół Ziemi. Wobec tego postępując zgodnie z drugą lub trzecią metodą, obie obserwacje wykonalibyśmy przy innej konfiguracji Słońca, Ziemi i Księżyca. Kąt pomiędzy pierwszym a drugim położeniem Księżyca odzwierciedlałby jedynie jego aktualną pozycję w Układzie Słonecznym i nie miałby żadnego związku z odległością Ziemia-Księżyc. Prawidłowej odpowiedzi w przypadku drugiego i trzeciego punktu udzieliło odpowiednio 59% i 49% uczniów.

Całość zadania została prawidłowo rozwiązana przez 19% uczniów. Wydaje się zatem, że uczniowie niezbyt dobrze radzą sobie z koniecznością samodzielnego zaprojektowania pomiaru i przemyślenia go pod kątem oczekiwanych rezultatów. Być może część uczniów pomyliła zjawisko paralaksy geocentrycznej z paralaksą heliocentryczną, służącą do wyznaczania odległości gwiazd od Ziemi, co tłumaczyłoby wysoki odsetek odpowiedzi nieprawidłowych.

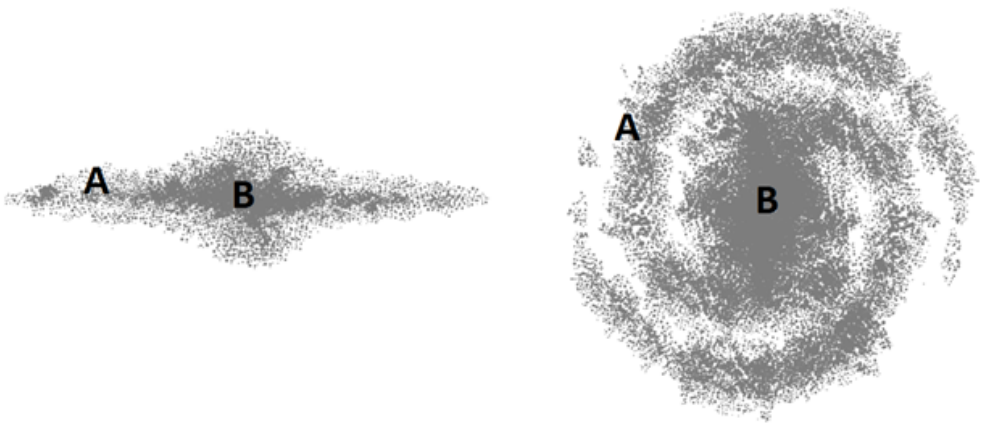
Słowa kluczowe

paralaksa | pomiar odległości

Budowa Galaktyki

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Sprawdzian

Zadanie



Rys. Droga Mleczna - widok z boku i z góry.

(1) Układ Słoneczny znajduje się

☐A. w centrum

☐B. w ramieniu

Drogi Mlecznej.

(2) Został on oznaczony

☐A. literą A na rysunku lewym i literą B na rysunku prawym.

☐B. literą B na rysunku lewym i literą A na rysunku prawym.

☐C. literą A na obu rysunkach.

☐D. literą B na obu rysunkach.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. B., 2. C.

Wymaganie ogólne

1 Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.

Wymaganie szczegółowe

1.11 Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń opisuje budowę Galaktyki i miejsce Układu Słonecznego w Galaktyce

Komentarz

Prezentowane zadanie sprawdza umiejętność interpretacji informacji graficznej w oparciu o podstawową wiedzę na temat budowy Galaktyki (zwanej również Drogą Mleczną) oraz miejsca Układu Słonecznego w Galaktyce. Zadanie było rozwiązywane w trakcie badania, w którym wzięli udział uczniowie drugich klas liceum ogólnokształcącego.

Układ Słoneczny znajduje się na peryferiach Drogi Mlecznej, a dokładniej w jednym z jej ramion spiralnych. Położenie Układu Słonecznego zostało oznaczone na obu rysunkach literą A., przy czym na lewym rysunku przedstawiono schematycznie widok Drogi Mlecznej z boku, a na prawym – z góry. Aby prawidłowo rozwiązać to zadanie wystarczyło odwołać się do podstawowej wiedzy na temat lokalizacji Układu Słonecznego, ujętej konkretnym punktem treści nauczania (*1.11. Uczeń opisuje budowę Galaktyki i miejsce Układu Słonecznego w Galaktyce*). Jak się okazało, uczniowie mieli jednak problem z odpowiedzią na pytanie o położenie naszego układu planetarnego – prawidłowej odpowiedzi w pierwszej części zadania udzieliło 50% osób biorących udział w badaniu, wskazując jako miejsce Układu Słonecznego ramię Galaktyki. Wartość ta jest równa prawdopodobieństwu losowego wytypowania odpowiedzi w tej części zadania.

W części drugiej uczniowie najczęściej typowali odpowiedź C. (39%) lub D. (44%). Pozostałe dwie odpowiedzi były wybierane znacznie rzadziej. W większości przypadków uczniowie starali się być konsekwentni w stosunku do własnego wyboru dokonanego w części pierwszej zadania. Kombinację odpowiedzi 1.B., 2.C. „Układ Słoneczny znajduje się w ramieniu Drogi Mlecznej. Został on oznaczony literą A na obu rysunkach", będącą jednocześnie prawidłowym rozwiązaniem, wybrało 37% uczniów. Niemniej aż 42% uczniów wybrało kombinację 1.A. 2.D „Układ Słoneczny znajduje się w centrum Drogi Mlecznej. Został on oznaczony literą B na obu rysunkach".

Wynika z tego, że znaczna część uczniów (niemal 80%) potrafi na rysunku schematycznym odróżnić część centralną Galaktyki od jej ramion. Najprawdopodobniej trudność zadania wcale nie polegała na konieczności zinterpretowania rysunków – wyniki uzyskane w badaniu wskazują na to, że z tą umiejętnością uczniowie radzą sobie nienajgorzej. Można przypuszczać, że problem ze wskazaniem prawidłowej lokalizacji Układu Słonecznego wynikał z niedostatecznego opanowania zagadnień związanych z budową Drogi Mlecznej, a w szczególności – ze znajomością faktu, że Układ Słoneczny leży na jej obrzeżach. Jest to o tyle niepokojące, że w badaniu uczestniczyli wyłącznie uczniowie, którzy zakończyli już pełny cykl obowiązkowego kształcenia z przedmiotu fizyka.

Słowa kluczowe Droga Mleczna | Układ Słoneczny

Siła dośrodkowa

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Sprawdzian

W fizyce terminem „siła dośrodkowa" określa się siłę powodującą zakrzywienie toru ruchu ciała. Siła ta skierowana jest prostopadle do toru ruchu i jakkolwiek nie zmienia wartości prędkości ciała – zmienia kierunek wektora prędkości. Rolę siły dośrodkowej mogą pełnić rozmaite siły wynikające z fundamentalnych oddziaływań w przyrodzie, na przykład siła grawitacji, siła przyciągania elektrostatycznego, siła tarcia. Każda inna siła może również pełnić rolę siły dośrodkowej, pod warunkiem, że powoduje zmianę kierunku ruchu ciała.

Prezentowana wiązka zadań sprawdza umiejętność rozumienia roli sił w układzie fizycznym. Pierwsze zadanie dotyczy siły grawitacji, a drugie – siły dośrodkowej. Aby je rozwiązać, uczeń powinien przeanalizować sytuacje zestawione w tabeli a następnie ustalić, czy w danej sytuacji mamy do czynienia

z siłą dośrodkową. Zadanie było rozwiązywane w trakcie badania przez uczniów pierwszej klasy liceum ogólnokształcącego.

Zadanie 1

Jacek zastanawiał się, w jakich warunkach siła grawitacji może pełnić rolę siły dośrodkowej. Przyszło mu do głowy kilka sytuacji, które zestawiono w poniższej tabeli.

Zdecyduj czy w danej sytuacji siła grawitacji pełni rolę siły dośrodkowej.

Sytuacja	**Czy w tej sytuacji siła grawitacji pełni rolę siły dośrodkowej?**
1. Łazik z napędem, jadący wzdłuż marsjańskiego równika.	☐Tak / ☐Nie
2. Naturalny satelita, poruszający się wokół Saturna.	☐Tak / ☐Nie
3. Kometa, której tor ulega zakrzywieniu w pobliżu Słońca.	☐Tak / ☐Nie

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. Nie., 2. Tak., 3. Tak.

Wymaganie ogólne

3 Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.

Wymaganie szczegółowe

1.2 Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem oraz wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej
1.5 Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń wyjaśnia wpływ siły grawitacji Słońca na ruch planet i siły grawitacji planet na ruch ich księżyców, wskazuje siłę grawitacji jako przyczynę spadania ciał na powierzchnię Ziemi

Komentarz

Typową sytuacją w której siła grawitacji pełni rolę siły dośrodkowej jest ruch planet wokół Słońca czy ruch satelitów wokół planet. Tego typu zagadnienia są w podręcznikach opisywane w sposób modelowy: ciało o mniejszej masie porusza się po okręgu wokół ciała o większej masie, a jego prędkość i okres obiegu wyznaczamy, porównując siłę dośrodkową z siłą grawitacji. Jednak jest to obraz mocno uproszczony: w większości przypadków ciało poruszające się pod działaniem siły grawitacji wcale nie porusza się po okręgu, nawet jeśli siła ta pełni rolę siły dośrodkowej.

Można wskazać również przykłady zjawisk, w których ciało porusza się po okręgu w polu grawitacyjnym, jednak siła grawitacji nie odgrywa w tym przypadku roli siły dośrodkowej. Pierwsza z sytuacji zestawionych w tabeli to właśnie przykład takiego ruchu: łazik z napędem porusza się po okręgu tylko dlatego, że jedzie wzdłuż marsjańskiego równika, a kształt Marsa jest w przybliżeniu kulisty. Za ruch pojazdu w tym kierunku odpowiada siła wytwarzana przez jego napęd, a nie siła grawitacji. Siła grawitacji odpowiada w tym przypadku za ciężar łazika, zatem również za wartość siły tarcia. Tarcie jest równoważone przez siłę napędu, natomiast nacisk łazika na podłoże – przez siły reakcji.

Warto zauważyć, że ruch po okręgu zaobserwujemy wyłącznie w układzie odniesienia związanym z obserwatorem znajdującym się w znacznej odległości od planety. Obserwator stojący na powierzchni Marsa stwierdzi, że łazik porusza się po linii prostej. Z punktu widzenia sił działających na pojazd, efekt jazdy po zakrzywionej powierzchni jest całkowicie zaniedbywalny. Nie obserwujemy w tym przypadku żadnej siły, która mogłaby pełnić rolę siły dośrodkowej.

Wyniki uzyskane dla pierwszej części zadania sugerują, że uczniowie mają problem z analizą tego typu nietypowych sytuacji. Prawidłowej odpowiedzi (czyli „Nie") udzieliło jedynie 51% uczniów, przy czym ten etap zadania praktycznie ich nie różnicował. Można zatem przypuszczać, że większość z nich wybierała odpowiedź losowo.

Druga sytuacja, typowa w kontekście szkolnym, sprawiła uczniom znacznie mniej problemów. W tym przypadku 79% osób biorących udział w badaniu udzieliło prawidłowej odpowiedzi. Najprawdopodobniej ze względu na fakt, że sytuacja ta dotyczyła zagadnienia obowiązkowego, ujętego przez konkretny punkt treści nauczania (1.5. *Uczeń wyjaśnia wpływ siły grawitacji Słońca na ruch planet i siły grawitacji planet na ruch ich księżyców* […]) nie mieli oni kłopotu z ustaleniem, że w przypadku satelity okrążającego Saturna, rolę siły dośrodkowej pełni właśnie siła grawitacji.

Trzecia z opisanych sytuacji okazała się dla uczniów równie kłopotliwa, jak sytuacja pierwsza. Jest ona o tyle nietypowa, że rozważamy tutaj ruch komety, a nie planety. W tym przypadku prawidłowej odpowiedzi udzieliło 50% uczniów, przy czym ten etap zadania różnicował ich silniej niż etap pierwszy. Można tylko przypuszczać, że uczniowie nie umieli przeanalizować sytuacji, nie znając trajektorii komety lub też wiedząc, że nie porusza się ona po okręgu. Tymczasem informacja taka nie była do niczego potrzebna. Z definicji siła dośrodkowa powoduje zmianę kierunku prędkości i zakrzywienie toru ruchu ciała. Tak właśnie stało się w przypadku komety. Jedyna siła, jaka działała na kometę w trakcie jej przelotu w pobliżu Słońca to właśnie siła grawitacji. Nie ma zatem innego wyjaśnienia zmiany trajektorii komety, niż to, że w opisanej sytuacji siła grawitacji pełniła rolę siły dośrodkowej.

Całość zadania rozwiązało prawidłowo 31% uczniów biorących udział w badaniu. Biorąc pod uwagę dobór sytuacji przedstawionych do oceny, można przypuszczać, że uczniowie nienajgorzej radzą sobie z rozwiązaniem problemów typowo szkolnych, jednak zupełnie nie potrafią odnieść swojej wiedzy do analizy problemów nietypowych. Warto zatem już na lekcjach wprowadzających pojęcie siły dośrodkowej dokładnie wyjaśnić znaczenie tego pojęcia i poświęcić nieco czasu na przetrenowanie umiejętności rozpoznawania i wskazywania siły dośrodkowej w realnych (a nie tylko wyidealizowanych) układach fizycznych.

Słowa kluczowe siła dośrodkowa | siła grawitacji

Zadanie 2

Jacek zastanawiał się, w jakich warunkach siła tarcia może pełnić rolę siły dośrodkowej. Przyszło mu do głowy kilka sytuacji, które zestawiono w poniższej tabeli.

Zadecyduj czy w danej sytuacji siła tarcia pełni rolę siły dośrodkowej.

Sytuacja	**Czy w tej sytuacji siła tarcia pełni rolę siły dośrodkowej?**
1. Samochód wchodzący w zakręt na płaskim torze.	☐Tak / ☐Nie
2. Pusta beczka tocząca się po płaskiej powierzchni.	☐Tak / ☐Nie
3. Okruszek leżący na brzegu obracającej się	☐Tak / ☐Nie

płyty.
Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. Tak., 2. Nie., 3. Tak.

Wymaganie ogólne

3 Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.

Wymaganie szczegółowe

1.2 Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem oraz wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej

Komentarz

Podobnie jak w poprzednim zadaniu, zestawiono w tabeli kilka sytuacji. Uczeń miał ocenić, czy w tych przypadkach siła tarcia pełni rolę siły dośrodkowej. Pierwsza sytuacja jest sytuacją typową, często prezentowaną w podręcznikach szkolnych: dopóki kierowca prowadzi samochód tak, aby koła były ustawione równolegle do kierunku jazdy, siła tarcia działa przeciwnie do kierunku ruchu samochodu i pojazd porusza się po linii prostej. Jednak ustawienie kół pod pewnym kątem do kierunku jazdy powoduje powstanie składowej siły tarcia prostopadłej do kierunku ruchu, zapobiegającej wyrzuceniu auta z toru ruchu, co skutkuje tym, że zaczyna ono wchodzić w zakręt. Aż 82% uczniów udzieliło prawidłowej odpowiedzi, uznając, że w tym przypadku siła tarcia pełni rolę siły dośrodkowej.

Nieco więcej problemów uczniowie mieli z następną sytuacją przedstawioną w tabeli. W tym przypadku prawidłowej odpowiedzi udzieliło 69% uczniów. Aby ocenić tę sytuację, należało zauważyć, że ruch beczki jest złożeniem ruchu obrotowego wokół własnej osi oraz ruchu postępowego po płaskiej. W tym przypadku siła tarcia jest skierowana przeciwnie do kierunku ruchu postępowego beczki i efektem jej działania może być jedynie zmniejszenie prędkości tego ruchu. Siła tarcia nie spełnia wobec tego kryteriów siły dośrodkowej. Aby je spełnić, musiałaby działać w kierunku prostopadłym do punktu w którym beczka styka się z podłożem (czyli pionowo do góry), co jest sprzeczne z jej definicją.

Najwięcej kłopotów sprawiła uczniom ostatnia z przedstawionych sytuacji, która z punktu widzenia sił działających w układzie jest bardzo podobna do sytuacji z zakręcającym samochodem. Również w tym przypadku siła tarcia pełni rolę siły dośrodkowej. Gdyby nie tarcie pomiędzy okruszkiem a powierzchnią obracającej się płyty, okruszek zostałby zsunąłby się poza jej krawędź. Prawidłowej odpowiedzi udzieliło na to pytanie już tylko 55% uczniów, co jest wartością minimalnie wyższą niż wartość losowa.

Całość zadania została prawidłowo rozwiązana przez 44% uczniów, czyli nieco więcej niż w przypadku jego bliźniaczej wersji dotyczącej siły grawitacji. Różnica ta może wynikać z faktu, że z pojęciem siły tarcia uczniowie spotykają się już od II etapu edukacyjnego, zatem są z nim lepiej zaznajomieni. Jednak wyniki pokazują, że licealiści mają problem z analizą sytuacji, z którymi być może spotykają się po raz pierwszy, nawet jeśli analiza ta pod żadnym względem nie jest bardziej skomplikowana niż w przypadku sytuacji omawianych na lekcjach.

Słowa kluczowe

siła dośrodkowa | siła tarcia

Spadająca winda

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji

Zadanie

Dominik oglądał film akcji, w którym pokazano scenę zerwania się liny utrzymującej windę. W skutek tego jadący nią główny bohater gwałtownie uderzył głową o sufit. Rozstrzygnij czy przedstawiona w filmie sytuacja jest możliwa i wybierz odpowiednie uzasadnienie.

(1) Opisana sytuacja:

☐A. jest możliwa

☐B. nie jest możliwa

(2) ponieważ

☐A. w skutek bezwładności człowiek nie zacznie się poruszać, więc sufit uderzy w jego głowę.

☐B. człowiek jest lżejszy od windy, więc spada wolniej.

☐C. siła grawitacji sprawi, że człowiek przewróci się na podłogę.

☐D. człowiek spada z taką samą prędkością jak winda.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. B., 2. D.

Wymaganie ogólne

3 Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.

Wymaganie szczegółowe

1.4 Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń wyjaśnia, na czym polega stan nieważkości, i podaje warunki jego występowania

Komentarz

Zadanie sprawdza umiejętność przewidywania wyniku doświadczenia w oparciu o prawa fizyki i zostało wykorzystane w badaniu, w którym wzięli udział uczniowie klas drugich liceum ogólnokształcącego. Aby je rozwiązać, musimy rozstrzygnąć, w jaki sposób względem windy będzie się poruszał zamknięty wewnątrz człowiek. Przede wszystkim należy zauważyć, że jedyną siłą działającą w opisanym układzie jest siła grawitacji. Zatem zarówno winda, jak i pasażer w środku będą spadać z przyspieszeniem równym ziemskiemu przyspieszeniu grawitacyjnemu, co oznacza, że będą się poruszać z tą samą prędkością.

Warto zdać sobie sprawę z faktu, że w tej sytuacji człowiek znajdujący się w windzie nie będzie wywierał nacisku na żadną z jej ścianek – znajdzie się on w stanie nieważkości. Zatem nie jest możliwe, aby w chwili zerwania się liny uderzył głową w sufit. Prawidłowym rozwiązaniem jest zatem kombinacja odpowiedzi 1.B., 2.D. i wybrało ją 20,4% osób biorących udział w badaniu.

W pierwszej części zadania zdecydowana większość uczniów (66,4%) udzieliła błędnej odpowiedzi, stwierdzając, że sytuacja przedstawiona w filmie akcji jest możliwa. Najczęściej przytaczanym wyjaśnieniem takiego wyboru, wskazywanym w drugiej części, była odpowiedź A. „w skutek bezwładności człowiek nie zacznie się poruszać, więc sufit uderzy w jego głowę" (33,6%). Być może uczniowie udzielający takiej odpowiedzi zasugerowali się sytuacją, której doświadczamy jako pasażerowie środków komunikacji – w trakcie zmiany prędkości pojazdu siła bezwładności działa na pasażerów tak, aby przeciwdziałać tym zmianom.

Niemniej istnieje zasadnicza różnica między pojazdem zmieniającym prędkość, a spadającą windą. Jeśli wprowadzimy układ współrzędnych związany z powierzchnią Ziemi, możemy zauważyć, że każda zmiana przyspieszenia samochodu będzie wymuszała zmianę współrzędnych pasażera w tym układzie (pasażer nie zmieniłby swojej prędkości, a co za tym idzie – również położenia siedząc bez ruchu w fotelu, gdyby nie siła wytwarzana przez silniki). Zatem w tym przypadku siła powodująca zmianę prędkości jest siłą zewnętrzną w stosunku do układu związanego z Ziemią (nie wynika z żadnych oddziaływań związanych z tym układem). W takim przypadku pasażer będzie odczuwał siłę bezwładności. Jeśli samochód przyspieszy, pasażer zostanie wciśnięty w fotel.

Z kolei w przypadku spadającej windy zarówno ona sama, jak i znajdując się wewnątrz człowiek spadają pod działaniem dokładnie tej samej siły (czyli siły grawitacji), do tego z takim samym przyspieszeniem równym *g*. Jeśli winda w pewnym przedziale czasu przebędzie określoną drogę to w tym samym czasie jej pasażer pokona dokładnie ten sam dystans. Nie będzie on w tej sytuacji wywierał nacisku na podłogę, ale też nie uderzy głową o sufit. Aby było to możliwe, winda musiałaby spadać szybciej niż człowiek, co jest sprzeczne z treścią zadania.

Podobny odsetek uczniów (29,2%) wybrał wyjaśnienie B. „człowiek jest lżejszy od windy, więc spada wolniej", co zapewne wynika z błędnego przekonania, iż czas spadania przedmiotów zależy od ich masy: ciała cięższe spadają szybciej, a ciała lżejsze – wolniej (np. kamień spada szybciej niż ptasie pióro). Warto jednak zdać sobie sprawę z tego, że przyczyną różnic w czasie spadania przedmiotów jest opór powietrza. Siła ta działa przeciwnie do kierunku ruchu spadającego ciała, a jej wartość zależy głównie od jego kształtu. Czym większa jest powierzchnia ciała, tym bardziej opór powietrza będzie przeciwdziałał sile grawitacji, powodując wydłużenie czasu spadania. Masa spadającego przedmiotu nie wpływa jednak w żaden sposób na jego prędkość, zatem człowiek znajdujący się w spadającej windzie nie może poruszać się wolniej od niej.

Co ciekawe, w drugiej części zadania prawidłową argumentację wskazało 22,1% uczestników badania, czyli prawie wszystkie osoby, które poradziły sobie z całością zadania. Wyniki uzyskane dla tego zadania pokazują problem, który ujawnia się również przy innych zadaniach dotyczących podobnej tematyki wykorzystanych w badaniach Pracowni Przedmiotów Przyrodniczych. Wielu uczniów ma problem ze zrozumieniem (skądinąd prostej) definicji stanu nieważkości oraz wskazywaniem sytuacji praktycznych, w których stan ten występuje. Wydaje się, że największe trudności uczniowie mają ze zrozumieniem, iż nieważkość można w prosty sposób wytworzyć w warunkach ziemskich.

Słowa kluczowe

nieważkość | spadek swobodny

Podróż na Księżyc

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji

W fizyce poprzez nieważkość rozumiemy stan, w którym w układzie nie występują siły nacisku. W szczególności stan ten występuje w układzie poruszającym się wyłącznie pod wpływem sił grawitacji.

Zadanie 1

Wyobraźmy sobie, że pewien statek kosmiczny realizuje wahadłowo loty turystyczne pomiędzy Ziemią a Księżycem. Z wyjątkiem manewru startu, lądowania i ewentualnej korekty kursu, statek w ogóle nie potrzebuje napędu ze względu na brak oporów ruchu.

Rozstrzygnij, kiedy pasażerowie statku byliby w stanie nieważkości jeśli silniki pojazdu byłyby wyłączone.

Etap podróży	**Stan nieważkości?**
1. Odcinek trasy, na którym Ziemia działa na statek silnej niż Księżyc.	☐Tak / ☐Nie
2. Punkt, w którym oddziaływania grawitacyjne Ziemi i Księżyca równoważą się.	☐Tak / ☐Nie
3. Odcinek trasy, na którym Księżyc działa na statek silniej niż Ziemia.	☐Tak / ☐Nie

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. Tak., 2. Tak., 3. Tak.

Wymaganie ogólne

3 Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.

Wymaganie szczegółowe

1.4 Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń wyjaśnia, na czym polega stan nieważkości, i podaje warunki jego występowania

Komentarz

Prezentowane zadanie sprawdza umiejętność wnioskowania na podstawie tekstu. W tekście podana została definicja stanu nieważkości. Na podstawie przytoczonej definicji uczeń ma ocenić, czy w sytuacjach zestawionych w tabeli pasażerowie statku kosmicznego odczuwaliby stan nieważkości. Aby to rozstrzygnąć, wystarczyło po kolei sprawdzać, czy w opisanych sytuacjach są spełnione warunki zaistnienia tego stanu.

Zadanie zostało wykorzystane w badaniu, w którym wzięli udział uczniowie klas drugich liceów ogólnokształcących. Rozwiązywalność całego zadania była bardzo słaba – tylko 2% uczniów oceniło prawidłowo wszystkie trzy sytuacje. Rozwiązywalność poszczególnych wierszy wynosiła 24,5 % w

przypadku wiersza pierwszego, 67% w przypadku wiersza drugiego i 42,5% w przypadku wiersza trzeciego.

Aby prawidłowo rozwiązać zadanie, wystarczyło zauważyć, że w każdej z opisanych sytuacji statek z wyłączonym silnikiem porusza się wyłącznie pod wpływem siły grawitacji, zatem są spełnione warunki zaistnienia stanu nieważkości – w każdym wierszu należało wybrać odpowiedź „Tak". Najprawdopodobniej uczniowie zignorowali jednak definicję podaną we wprowadzeniu do zadania i próbowali je rozwiązywać, analizując wypadkową sił grawitacji Ziemi i Księżyca. Najwięcej osób wskazało punkt, w którym te siły się równoważą za miejsce, w którym odczuwalny jest stan nieważkości. Analogicznie – najmniej osób wybrało prawidłową odpowiedź w sytuacji, w której Ziemia działała na statek większą siłą niż Księżyc.

Wynik zadania sugeruje, że uczniom całkowicie umknęło, iż wartość siły grawitacji działającej w danym punkcie na statek nie ma żadnego wpływu na to, czy jego pasażerowie będą odczuwać nieważkość, czy nie. Ważne, aby na poruszający się statek nie działały żadne inne siły. Nie bez znaczenia mógł się również okazać fakt, że we wszystkich trzech wierszach należało udzielić takiej samej odpowiedzi. Z badań prowadzonych w Pracowni Przedmiotów Przyrodniczych wynika bowiem, że rozwiązywalność tego typu zadań jest stosunkowo niska.

Słowa kluczowe

nieważkość | siła grawitacji

Zadanie 2

Opis zjawisk związanych z nieważkością możemy spotkać w literaturze, np.: Juliusz Verne w książce „*Wokół Księżyca"* opisuje podróż z Ziemi na Księżyc statkiem, któremu na początku lotu nadano pewną prędkość i który dalej porusza się bez napędu. **Zgodnie z wizją autora**, pasażerowie statku w miarę oddalania się od Ziemi odczuwali coraz mniejszy ciężar, by w punkcie równowagi osiągnąć na godzinę stan nieważkości. Następnie, w miarę dalszego zbliżania się do Księżyca, zaczęli odczuwać rosnący ciężar skierowany ku jego tarczy. Opis ten **nie jest jednak prawdziwy** z punktu widzenia praw fizyki.

Oceń na których etapach podróży pasażerowie nie mogli odczuwać ciążenia w statku poruszającym się bez napędu.

Etap podróży	**Czy pasażerowie odczuwali ciążenie?**
1. Odcinek trasy, na którym Ziemia działa na statek silnej niż Księżyc.	☐Tak / ☐Nie
2. Punkt, w którym oddziaływania grawitacyjne Ziemi i Księżyca równoważą się.	☐Tak / ☐Nie
3. Odcinek trasy, na którym Księżyc działa na statek silniej niż Ziemia.	☐Tak / ☐Nie

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. Nie., 2. Nie., 3. Nie.

Wymaganie ogólne

3 Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.

Wymaganie szczegółowe

1.4 Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń wyjaśnia, na czym polega stan nieważkości, i podaje warunki jego występowania

Komentarz

To zadanie jest innym wariantem opisanego powyżej zadania dotyczącego stanu nieważkości. Jego fabuła jest jednak nieco bardziej rozbudowana, ponieważ wpleciono w nią opis zaczerpnięty z książki Juliusza Verne. Jak zaznaczono w tekście, opis ten nie jest prawdziwy z punktu widzenia praw fizyki. Zadaniem ucznia jest ocena zestawionych w tabeli sytuacji i określenie dla każdej z nich, czy pasażerowie mogli odczuwać ciążenie.

Aby prawidłowo rozwiązać zadanie, uczniowie powinni uświadomić sobie, że ciążenia nie odczuwamy w stanie nieważkości. Podobnie jak w poprzednim wariancie, należy kolejno przeanalizować opisane sytuacje, zastanawiając się, czy są spełnione warunki do zaistnienia stanu nieważkości. Jak się okazuje, we wszystkich trzech sytuacjach warunki te są spełnione, zatem pasażerowie nie mogli odczuwać ciążenia na żadnym etapie podróży (należy zaznaczyć w każdym wierszu odpowiedź „Nie”).

Rozwiązywalność całego zadania okazała się znikoma – tylko 1% uczniów zaznaczyło prawidłowo wszystkie trzy odpowiedzi. Rozwiązywalność poszczególnych wierszy wynosił odpowiednio 31,8% dla wiersza pierwszego, 61,7% dla wiersza drugiego oraz 49,8% dla wiersza trzeciego. Podobieństwo tych wyników do wyników uzyskanych dla poprzedniego wariantu zadania sugeruje, że również w tym przypadku uczniowie próbowali analizować wypadkową siłę grawitacji działającą na statek, zamiast posłużyć się definicją stanu nieważkości podaną we wstępie.

Słowa kluczowe

nieważkość | siła grawitacji

Koszty gotowania wody

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Praca domowa

Zadanie

Nowoczesne kuchenki indukcyjne mają kilka programów różniących się intensywnością gotowania (ta sama ilość wody zagotuje się szybciej lub wolniej). Łukasz chciał sprawdzić, dla którego programu najtaniej zagotuje 0,5 litra wody. W związku z tym zmierzył czas *t* zagotowywania się wody dla kolejnych programów, jednocześnie zliczając liczbę mignięć diody znajdującej się na liczniku energii w czasie zagotowywania. Dowiedział się, że 1500 mignięciom odpowiada 1 kWh. W czasie pomiarów płyta indukcyjna była jedynym odbiornikiem energii elektrycznej. Wyniki zostały zebrane w poniższej tabeli.

Program	**Czas t (min)**	**Liczba mignięć N**
1	12:00	70
2	05:30	61
3	02:27	61

Które ze zmierzonych wielkości są niezbędne do określenia, dla której opcji zagotowanie wody jest najtańsze?

Wielkość fizyczna	**Czy jest niezbędne?**
1. Czas zagotowywania się wody.	☐Tak / ☐Nie
2. Liczba mignięć diody.	☐Tak / ☐Nie

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. Nie., 2. Tak.

Wymaganie ogólne

R5 (Rozszerzenie) Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
R1 (Rozszerzenie) Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.

Wymaganie szczegółowe

108.6 (Rozszerzenie) Prąd stały. Uczeń oblicza pracę wykonaną podczas przepływu prądu przez różne elementy obwodu oraz moc rozproszoną na oporze

Komentarz

Zadanie, choć formalnie przygotowywane dla uczniów IV etapu edukacyjnego, nie wykracza poza podstawę programową etapu III.

Uczeń powinien wyciągnąć z przeczytanego tekstu następujący wniosek: ilość energii zużytej do zagotowania wody jest jednoznacznie określona przez liczbę mignięć diody znajdującej się na liczniku energii. Skoro zatem płacimy za energię elektryczną, to najtaniej będzie gotować na takim programie, przy którym ta liczba mignięć będzie najmniejsza.

Zadanie zostało jednak tak skonstruowane, aby sprawdzić, czy uczniowie potrafią zauważyć, że w tej sytuacji czas gotowania nie jest istotny. Najczęściej bowiem wykorzystując energię elektryczną mamy do czynienia z urządzeniem o konkretnej, stałej mocy, co pośrednio powoduje, iż czas pracy przekłada się na zużycie energii. Nie zmienia to wprawdzie faktu, że sam pomiar energii zawsze wystarcza do określenia ceny, ale sugestia związku czasu pracy z kosztami jest bardzo mocna.

Istotne jest, aby uczniowie rozumieli, że gdy mamy do wykonania określoną pracę, czas jej wykonania nie wpływa na ilość zużytej energii, natomiast wpływa na niezbędną do tego celu moc urządzenia. Przykładowo wciągnięcie pustej windy na 30 piętro wieżowca wymaga określonej energii co wiąże się z określonym kosztem. Zmniejszenie czasu tego wjazdu wymaga użycia silników o większej mocy, ale zasadniczo nie zmienia potrzebnej energii (więc i kosztów). Wprawdzie zmiana czasu wpływa nieco na wartość sił oporu ruchu, ale związana z tym zmiana kosztów jest znikoma.

Ważne jest też, aby uczniowie rozumieli, że czas w tym zadaniu nie jest potrzebny do rozliczeń głównie z tego powodu, że wykonany pomiar zużytej energii uwzględnia wszelkie straty i daje pełen obraz ewentualnych kosztów.

Liczbę mignięć diody jako niezbędną do określenia kosztów poprawnie uznało za potrzebną ponad ¾ badanych. Ta część zadania okazała się zatem łatwa.

Jednocześnie jednak czas jako niezbędny do określenia kosztów zaznaczyła ponad połowa badanych uczniów! W efekcie poprawnie całe zadanie wykonało zaledwie 45% badanych.

Zadanie znakomicie nadaje się na dyskusję w czasie lekcji o energii elektrycznej, natomiast z racji przewidywalnego, słabego wyniku nie powinno być wykorzystywane w pracach klasowych.

Słowa kluczowe

energia | moc | praca | zużycie energii elektrycznej

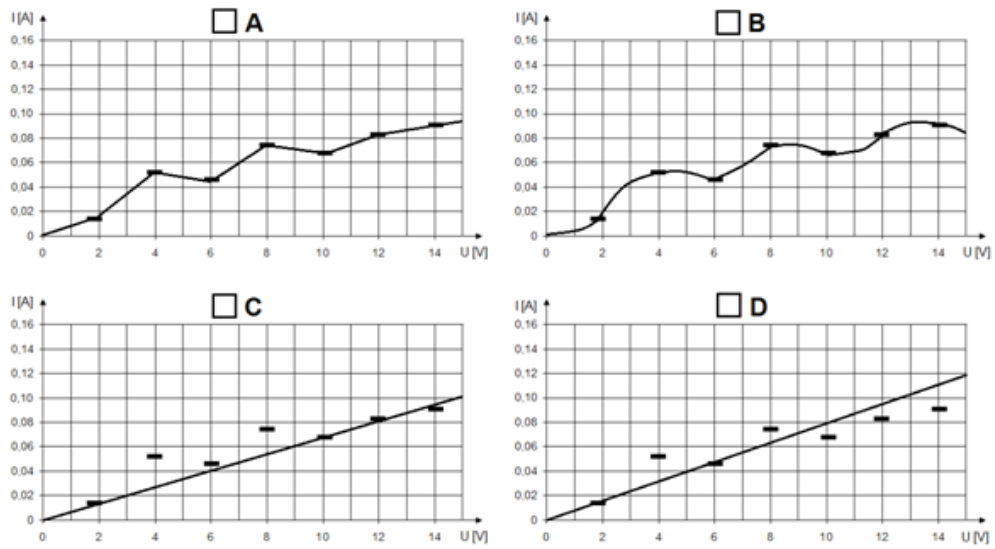
Wyniki pomiarów

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Sprawdzian

Zadanie

Na lekcji fizyki Michał badał zależność natężenia prądu od napięcia dla opornika. Uzyskane wartości przedstawił na wykresie.

Na którym z poniższych wykresów poprawnie opracowano wyniki tych pomiarów?



Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

D.

Wymaganie ogólne

R5 (Rozszerzenie) Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.
R4 (Rozszerzenie) Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.

Wymaganie szczegółowe

1012.5 (Rozszerzenie) Wymagania przekrojowe Oprócz wiedzy z wybranych działów fizyki, uczeń dopasowuje prostą y = ax + b do wykresu i ocenia trafność tego postępowania oblicza wartości współczynników a i b (ocena ich niepewności nie jest wymagana)

Komentarz

Zadanie sprawdza umiejętności opracowania wyników pomiarów i dotyczy sytuacji, z którą każdy uczeń może się spotkać w szkole, w szczególności jeśli celem doświadczenia jest zbadanie liniowej zależności pomiędzy dwiema zmiennymi. Z treści zadania dowiadujemy się, że zamieszczone poniżej wykresy dotyczą zależności natężenia prądu od napięcia mierzonego na oporniku. Zgodnie z prawem Ohma natężenie prądu jest proporcjonalne do napięcia i (przynajmniej teoretycznie) uczeń nie powinien mieć żadnych wątpliwości, że wykres obrazujący tę zależność będzie linią prostą. Zwykle, by ułatwić jej dopasowanie, zaznacza się na wykresie niepewności pomiarowe. W tym przypadku z jakichś przyczyn nie została zaznaczona niepewność pomiaru natężenia prądu, co nieco utrudnia dopasowanie prostej do punktów pomiarowych, ale bynajmniej nie uniemożliwia tego zadania.

Kolejną trudnością dla ucznia może być znaczny rozrzut punktów pomiarowych, przez co prostą można dopasować do nich na kilka sposobów. Jednak nawet w tego typu sytuacji istnieją ściśle sprecyzowane reguły postępowania. Prostą powinniśmy starać się dopasować tak, aby tyle samo punktów znalazło się ponad nią, co pod nią. Dobrze, jeśli przy tym prosta przechodzi przez jak najwięcej punktów lub obszarów ograniczonych niepewnościami pomiarowymi. Warunki te spełnia jedynie wykres D. i właśnie on powinien zostać wybrany jako prawidłowe rozwiązanie. Tymczasem w badaniu, w którym wzięli udział uczniowie drugich klas liceum ogólnokształcącego takiej odpowiedzi udzieliło 22% uczniów.

Najczęściej jako prawidłowy sposób opracowania wyników był wskazywany wykres A. (45% uczniów), który nie ma nic wspólnego z zasadami dopasowania krzywej ciągłej do punktów pomiarowych. Jest to o tyle niepokojące, że zapisy podstawy programowej wymagają najprostszych umiejętności związanych z rysowaniem wykresów już od gimnazjalistów, a następnie, w coraz bardziej zaawansowanej formie, umiejętności te powinny być kształtowane przez cały okres nauki fizyki w liceum. Jednak nawet w liceum łączenie punktów pomiarowych krzywą łamaną jest zjawiskiem nagminnym. Trudno jednoznacznie wskazać przyczynę tego zjawiska. Najwyraźniej uczniowie nie widzą związku pomiędzy prawami fizyki (zapisywanymi przy pomocy konkretnych wzorów) a wykresami ilustrującymi te prawa. Prawdopodobnie wynika to z braku umiejętności zastosowania matematyki do konkretnych zagadnień, z jakimi uczeń ma do czynienia na przedmiotach przyrodniczych. W tej sytuacji pozostaje tylko rekomendować nauczycielom, aby jak najczęściej tłumaczyli uczniom zasady prawidłowego opracowywania wyników pomiarów (w tym również sporządzania wykresów i dopasowywania prostej) i przy każdej sposobności pozwalali im ćwiczyć te umiejętności w praktyce.

Słowa kluczowe

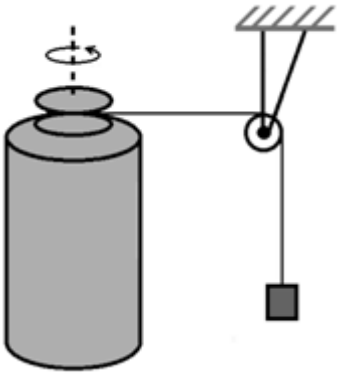
dopasowanie prostej | niepewność pomiarowa

Ciężarek na nici

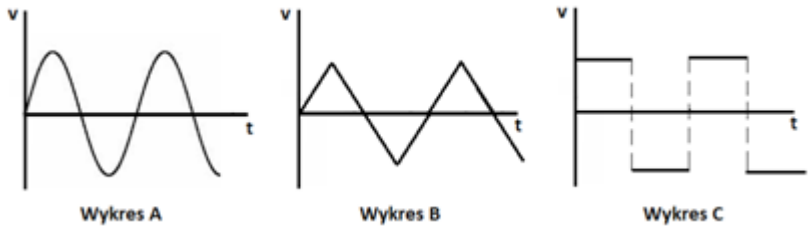
Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji

Zadanie

Na walec, który może się obracać wokół pionowej osi, nawinięto nić. Do końca nici przyczepiono ciężarek, tak jak pokazano na rysunku. Gdy puścimy ciężarek w dół, jego ruch spowoduje obrót walca. Po całkowitym rozwinięciu nici, walec zaczyna się obracać w drugą stronę. Dzięki temu nić się nawija, a ciężarek porusza się do góry. Następnie cykl powtarza się wielokrotnie.



Poniżej przedstawiono trzy wykresy zależności prędkości ciężarka od czasu. Tylko jeden z nich dotyczy opisanej sytuacji.



Uzupełnij zdanie tak, aby powstała wypowiedź prawdziwa.

(1) Zależność prędkości ciężarka od czasu została przedstawiona na
☐A. wykresie A,

☐B. wykresie B,

☐C. wykresie C,

(2) ponieważ wypadkowa siła działająca na ciężarek
☐A. ma stałą wartość.
☐B. zmienia się w czasie.
☐C. wynosi zero.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. B., 2. A.

Wymaganie ogólne

R1 (Rozszerzenie) Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.

Wymaganie szczegółowe

102.6 (Rozszerzenie) Mechanika bryły sztywnej. Uczeń opisuje ruch obrotowy bryły sztywnej wokół osi przechodzącej przez środek masy (prędkość kątowa, przyspieszenie kątowe)
102.7 (Rozszerzenie) Mechanika bryły sztywnej. Uczeń analizuje ruch obrotowy bryły sztywnej pod wpływem momentu sił
106.4 (Rozszerzenie) Ruch harmoniczny i fale mechaniczne. Uczeń interpretuje wykresy zależności położenia, prędkości i przyspieszenia od czasu w ruchu drgającym

Komentarz

Zadanie sprawdza umiejętność powiązania informacji tekstowej z informacją przedstawioną w postaci wykresu i zostało wykorzystane w badaniu, w którym wzięli udział uczniowie klas drugich liceum ogólnokształcącego. W zadaniu opisano zjawisko wykorzystywane w wielu prostych urządzeniach i zabawkach (na przykład popularne jo-jo). Aby rozwiązać zadanie, należy przede wszystkim zastanowić się, jakie siły działają na ciężarek w trakcie jego ruchu. Nie interesują nas przy tym siły działające na nitkę czy obracający się walec.

Na ciężarek działa siła ciężkości (ma on pewną masę) oraz siła naciągu nici (nić jest napięta, co umożliwia jej nawijanie się na walec). Ponieważ obie te siły mają stałą wartość, ich wypadkowa również jest wielkością stałą. Idąc tym tokiem rozumowania, uczeń w drugiej części zadania powinien zaznaczyć odpowiedź A – takiej odpowiedzi udzieliło 34% uczniów.

Skoro siła działająca na ciężarek ma stałą wartość, to ciało porusza się ze stałym przyspieszeniem, a zatem prędkość zmienia się jednostajnie w czasie. Taka sytuacja została przedstawiona jedynie na wykresie B, który wskazało 21% osób biorących udział w badaniu.

Uzyskane wyniki (całość zadania prawidłowo rozwiązało jedynie 6% uczestników badania) wskazują na fakt, że uczniowie napotkali dwie zasadnicze trudności. Pierwszą trudnością było ustalenie, czy wartość siły działającej na ciężarek jest stała, czy zmienna w czasie. Prawdopodobnie fakt, że ruch ciężarka odbywał się na przemian w dół i w górę, spowodował tu pewne zamieszanie: zmianę kierunku ruchu ciężarka uczniowie mogli zinterpretować jako zmianę wartości działającej siły.

Kolejną trudnością było powiązanie wniosku na temat zależności wartości działającej siły od czasu z odpowiednim wykresem. Grupa uczniów uważających, że na ciężarek działa siła zmienna w czasie poradziła sobie z tym zadaniem wyraźnie lepiej niż grupa uczniów uważających, że siła ma stałą wartość. Być może wiąże się to w jakiś sposób z faktem, że w zasadzie jedynym przykładem ruchu pod wpływem siły zmiennej w czasie z jakim spotyka się uczeń jest ruch harmoniczny, którego ilustrację stanowi wykres A. Z kolei jedynym przykładem ruchu pod działaniem stałej siły jest w praktyce szkolnej ruch jednostajnie zmienny prostoliniowy. Wydaje się, że uczniom zupełnie umknął fakt, iż krzywa B, podzielona na poszczególne odcinki ilustruje właśnie ten rodzaj ruchu.

Słowa kluczowe prędkość | przyspieszenie | siła

Wyznaczanie gęstości

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji

Zadanie

Adam postanowił wyznaczyć gęstość różnych ciał. Przeprowadził przedstawione w poniższej tabeli pomiary.

Zdecyduj, czy na podstawie tych pomiarów można wyznaczyć gęstość badanych przez Adama ciał. Gęstość wody wynosi 1000 kg/m^3, a przyspieszenie ziemskie 9,81 m/s^2 .

Adam...	**Czy można wyznaczyć gęstość ciała?**
1. zmierzył długość boków prostopadłościennego klocka. Następnie umieścił klocek w naczyniu z wodą i odczytał objętość wypartej przez niego cieczy.	☐Tak / ☐Nie
2. zawiesił jabłko na siłomierzu i odczytał jego wskazanie. Następnie całkowicie zanurzył jabłko w wodzie i ponownie odczytał wskazanie siłomierza.	☐Tak / ☐Nie
3. zawiesił kulkę z plasteliny na siłomierzu i odczytał jego wskazanie. Następnie umieścił kulkę w naczyniu z wodą i odczytał objętość wypartej cieczy.	☐Tak / ☐Nie

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. Nie., 2. Tak., 3. Tak.

Wymaganie ogólne

R1 (Rozszerzenie) Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
R5 (Rozszerzenie) Planowanie i wykonywanie prostych doświadczeń i analiza ich wyników.

Wymaganie szczegółowe

Komentarz

Gęstość ciała jest zdefiniowana jako stosunek jego masy do objętości. Istnieje kilka metod doświadczalnego wyznaczenia gęstości. Jedna z tych metod (wyznaczenie gęstości ciała w kształcie prostopadłościanu przy pomocy wagi i linijki) znajduje się na liście doświadczeń obowiązkowych na III etapie edukacyjnym. Prezentowane zadanie było rozwiązywane w trakcie badania, w którym wzięli udział uczniowie klas drugich liceum ogólnokształcącego. Zadanie sprawdza umiejętność planowania doświadczeń i analizy ich wyników. W poszczególnych wierszach tabeli opisano pomiary wykonane przez Adama. Zadaniem uczniów było zadecydowanie, czy na podstawie wykonanych pomiarów można wyznaczyć gęstość badanego ciała.

Pomiary wymienione w pierwszym punkcie pozwalają na wyznaczenie objętości prostopadłościennego klocka (zmierzono długość jego boków). Wyznaczenie objętości wody wypartej przez klocek nie daje nam jednak żadnej informacji na temat jego masy – ponownie dokonujemy pomiaru jego objętości. Część uczniów najprawdopodobniej utożsamiła masę klocka z masą wypartej wody (którą rzeczywiście można

wyznaczyć, znając jej gęstość), co przełożyło się na rozwiązywalność tego wiersza. Niemniej należy pamiętać, że masa klocka była różna od masy wypartej wody, ponieważ gęstość obu substancji jest różna. Uczniowie powinni zaznaczyć odpowiedź „Nie” i jedynie 32% z nich wybrało to rozwiązanie..

W drugim punkcie zestawione zostały czynności, których wykonanie prowadzi do wyznaczenia zarówno masy, jak i objętości badanego ciała, co pozwala obliczyć jego gęstość. Wskazanie siłomierza pokazuje nam siłę ciążenia działającą na jabłko (czyli jego ciężar). Znając wartość przyspieszenia ziemskiego, możemy wyznaczyć masę jabłka. Zanurzenie jabłka w wodzie i ponowne odczytanie wskazania siłomierza pozwala nam wyznaczyć działającą na nie siłę wyporu. Wystarczy w tym celu odjąć wskazanie siłomierza dla jabłka zanurzonego w wodzie od wskazania siłomierza dla jabłka zawieszonego w powietrzu.

Należy pamiętać, że siła wyporu jest zdefiniowana jako iloczyn gęstości wody, przyspieszenia ziemskiego oraz objętości wypartej wody, która zresztą jest w tym przypadku równa objętości jabłka (. Przekształcając ten wzór a następnie podstawiając do niego dane liczbowe wyznaczamy objętość jabłka. Dzieląc masę jabłka przez jego objętość wyznaczamy z kolei jego gęstość. Być może metodologia opisanego pomiaru nie jest dla uczniów oczywista, a z pewnością wymaga głębszej analizy. Prawidłowej odpowiedzi (czyli „Tak”) udzieliło w tym wierszu 41% uczniów.

Czynności wymienione w trzecim wierszu również prowadzą do wyznaczenia gęstości badanego ciała. Podobnie jak poprzednio, posługując się wskazaniem siłomierza wyznaczamy masę kulki. Umieszczając kulkę w naczyniu z wodą i mierząc objętość wypartej cieczy, mierzymy jednocześnie objętość kulki. Z wierszem uczniowie radzili sobie najlepiej. Prawidłowej odpowiedzi („Tak”) udzieliło w tym przypadku 64% uczniów.

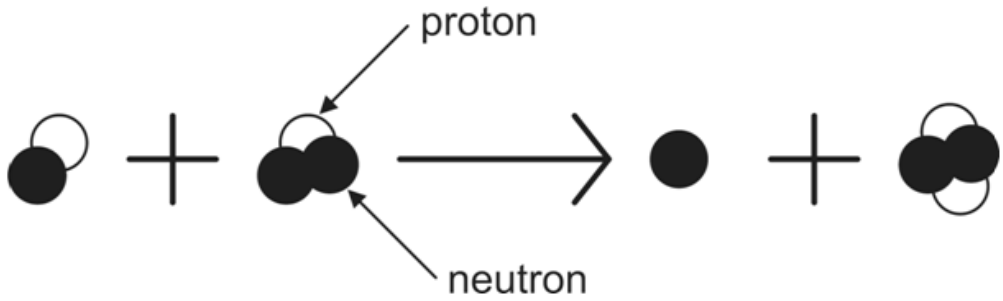
Całość zadanie prawidłowo rozwiązało jedynie 12% osób biorących udział w badaniu. Prawdopodobnie na taki wynik przełożyło się zarówno niedostateczne opanowanie technik doświadczalnych przez uczniów, jak i brak umiejętności samodzielnego planowania doświadczeń oraz problemy ze zrozumieniem zależności pomiędzy masą, objętością i gęstością substancji. Na każdym etapie zadania wystarczyło bowiem zadać sobie pytanie, jakie wielkości pozwolą wyznaczyć opisane pomiary i czy wyznaczone wielkości pozwolą obliczyć gęstość badanego ciała. Warto pamiętać o tym przy okazji różnych doświadczeń wykonywanych na lekcjach i proponować uczniom takie formy aktywności, które pozwolą im samodzielnie planować pomiary oraz przewidywać ich wyniki.

Słowa kluczowe gęstość | siła wyporu

Liczba masowa i liczba atomowa

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Sprawdzian

Na poniższym schemacie przedstawiono reakcję termojądrową.



Zadanie 1

(1) Liczby masowe jąder, które wzięły udział w reakcji były

☐A. jednakowe,

☐B. różne,

(2) ponieważ z definicji liczba masowa jest równa

☐A. liczbie neutronów w jądrze.

☐B. liczbie protonów w jądrze.

☐C. sumie protonów i neutronów w jądrze.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. B., 2. C.

Wymaganie ogólne

1 Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.
4 Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych).

Wymaganie szczegółowe

3.1 Fizyka jądrowa. Uczeń posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron podaje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej
3.10 Fizyka jądrowa. Uczeń opisuje działanie elektrowni atomowej oraz wymienia korzyści i zagrożenia płynące z energetyki jądrowej

Komentarz

Elementarnymi pojęciami w fizyce jądrowej są liczba masowa i liczba atomowa pierwiastka. Bez opanowania tych pojęć trudno zrozumieć i opisać między innymi reakcje jądrowe, zwłaszcza, że obie wspomniane liczby pojawiają się w zapisie symbolicznym reakcji. Liczbę masową definiuje się jako liczbę budujących jądro nukleonów, czyli sumę protonów i neutronów (ich masy są praktycznie równe). Liczba atomowa to z kolei liczba protonów w jądrze – tylko ona decyduje o właściwościach fizyko-chemicznych jąder atomowych, a zatem jest podstawą ich klasyfikacji jako poszczególnych pierwiastków. Jak wynika z dotychczasowych badań przeprowadzonych przez Pracownię Przedmiotów Przyrodniczych, uczniowie mylą te pojęcia lub ich nie rozumieją, czego konsekwencją jest słaba rozwiązywalność zadań zawierających równania reakcji jądrowych.

Prezentowane zadanie sprawdza umiejętność rozumienia schematów reakcji jądrowych oraz elementarnych pojęć wykorzystywanych w zapisie symbolicznym tych reakcji. Zadanie zostało wykorzystane w dwu bliźniaczych wariantach w badaniu, w którym wzięli udział uczniowie klas drugich liceum. Jeden z tych wariantów dotyczył rozumienia pojęcia liczby masowej, a drugi – liczby atomowej.

Dla ułatwienia równanie reakcji zostało zastąpione prostym rysunkiem, na którym neutrony przedstawiono jako kółka ciemne, a protony – jako kółka jasne.

Pierwszą część zadania prawidłowo rozwiązało aż 73% uczniów, zaznaczając, że liczby masowe jąder, które wzięły udział w reakcji, były różne. Posługując się rysunkiem, nietrudno to ustalić: jedno z jąder składa się z dwu, a drugie – z trzech nukleonów. Druga część zadania, polegająca na wskazaniu definicji liczby masowej okazała się niewiele trudniejsza. Prawidłową odpowiedź (czyli odpowiedź C.) wskazało 67% uczniów. Jednak tylko 53% uczniów wybrało prawidłowe odpowiedzi w obu częściach, co wskazuje na fakt, iż część osób, biorących udział w badaniu wybierała odpowiedź losowo.

Słowa kluczowe liczba atomowa | liczba masowa | neutron | proton

---

Zadanie 2

(1) Liczby atomowe jąder, które wzięły udział w reakcji były

☐A. jednakowe,

☐B. różne,

(2) ponieważ z definicji liczba atomowa jest równa

☐A. liczbie neutronów w jądrze.

☐B. liczbie protonów w jądrze.

☐C. sumie protonów i neutronów w jądrze.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. A., 2. B.

Wymaganie ogólne

1 Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.
4 Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych).

Wymaganie szczegółowe

3.1 Fizyka jądrowa. Uczeń posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron podaje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej
3.10 Fizyka jądrowa. Uczeń opisuje działanie elektrowni atomowej oraz wymienia korzyści i zagrożenia płynące z energetyki jądrowej

Komentarz

Zadanie to zostało wykorzystane w tym samym badaniu, co zadanie poprzednie. Oba zadania rozwiązywała podobna liczba uczniów klas trzecich gimnazjum, dlatego też wyniki uzyskane dla obu tych zadań są porównywalne.

Pierwszą część zadania prawidłowo rozwiązało 42% uczniów, zaznaczając, że liczby atomowe jąder biorących udział w reakcji są takie same. Liczby atomowe jąder bez trudu można było określić na podstawie rysunku: oba jądra biorące udział w reakcji zawierają po jednym protonie. Można przypuszczać, że skoro niektórzy uczniowie nie poradzili sobie z tym elementem zadania, to nie znali oni definicji liczby atomowej lub nie potrafili jej odnieść do rysunku. Potwierdza to wynik drugiej części zadania – prawidłową definicję (czyli odpowiedź B.) wskazało 43,5% procent uczniów. Jednak całość zadania rozwiązało jedynie 28% osób, co sugerowałoby, że większość uczniów wybierała odpowiedź losowo.

Co ciekawe, w drugiej części zadania aż 40,5% osób uczniów zaznaczyło odpowiedź C., uważając, że liczba atomowa jest równa sumie protonów i neutronów w jądrze. Wynika z tego, że osoby te mieszają pojęcia liczby masowej i liczby atomowej. Jakkolwiek pierwsze z tych pojęć może się wydawać dla części uczniów zrozumiałe intuicyjnie, to już drugie z nich okazuje się znacznie mniej oczywiste.

Wyniki uzyskane dla obu zadań sugerują, że uczniowie mają problemy z rozumieniem i posługiwaniem się podstawową terminologią z zakresu fizyki jądrowej. Warto zatem już na samym początku tego działu przetrenować z nimi jak największą liczbę prostych zadań, które pomogą im opanować i ugruntować ten zakres materiału, a w szczególności zrozumieć sens fizyczny takich pojęć jak liczba masowa i liczba atomowa.

Słowa kluczowe liczba atomowa | liczba masowa | neutron | proton

Porównanie sił grawitacji

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji

Zadanie

Kasia znalazła w Internecie następującą tabelkę:

Nazwa planety	**Średnia odległość od Słońca** odległość Ziemia-Słońce = 1
Merkury	0,39
Wenus	0,72
Ziemia	1,00
Mars	1,52
Jowisz	5,20
Saturn	9,54
Uran	19,19
Neptun	30,07

Na podstawie: http://pl.wikipedia.org/wiki/Uk%C5%82ad_S%C5%82oneczny

(1) Powyższe informacje

☐A. są

☐B. nie są

wystarczające, aby na podstawie prawa powszechnego ciążenia określić, która z planet jest najsilniej przyciągana przez Słońce,

(2) ponieważ w tabelce

☐A. podano odległości pomiędzy poszczególnymi planetami a Słońcem.

☐B. podano nazwy poszczególnych planet.

☐C. nie podano wartości stałej grawitacji.

☐D. nie podano informacji o masach planet.

☐E. nie podano informacji o masie Słońca.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. B., 2. D.

Wymaganie ogólne

1 Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.

Wymaganie szczegółowe

1.3 Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń interpretuje zależności między wielkościami w prawie powszechnego ciążenia dla mas punktowych lub rozłącznych kul

Komentarz

Zgodnie z prawem powszechnego ciążenia, siła oddziaływania grawitacyjnego pomiędzy dwiema masami jest proporcjonalna do iloczynu tych mas oraz odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości między nimi. Prezentowane zadanie kładzie silny nacisk na sprawdzenie rozumienia prawa powszechnego ciążenia i umiejętność zastosowania go w praktyce. Aby je rozwiązać, powinniśmy określić od jakich wielkości zależy wartość siły oddziaływania grawitacyjnego pomiędzy Słońcem a poszczególnymi planetami. Zauważmy przy tym, że nie musimy obliczać wartości liczbowych sił. W opisanej sytuacji wystarczy masę Słońca potraktować jako wielkość stałą. Wówczas siła oddziaływania grawitacyjnego pomiędzy Słońcem a dowolną planetą jest proporcjonalna do masy planety podzielonej przez kwadrat jej odległości od Słońca.

Z powyższego rozumowania wynika, że dane zamieszczone w tabeli nie są wystarczające aby na podstawie prawa powszechnego ciążenia określić, która z planet jest najsilniej przyciągana przez Słońce. Aby można było dokonać takiego porównania, powinniśmy również dysponować informacją o masach planet. W badaniu, w którym wzięli udział uczniowie klas drugich liceum ogólnokształcącego, 47% uczniów rozwiązało to zadanie prawidłowo, wybierając jako odpowiedź kombinację 1.B., 2.D. Najprawdopodobniej uczniowie ci przeprowadzili przytoczone powyżej rozumowanie, dochodząc do

wniosku, że nie jesteśmy w stanie porównać sił działających na poszczególne planety ze strony Słońca, nie znając mas planet.

Część uczniów, którzy wskazali prawidłową odpowiedź w pierwszej części pytania, podała jako uzasadnienie swojego wyboru brak wartości stałej grawitacji (kombinację 1.B., 2.C wybrało 13% uczniów). Być może odpowiedź taka wynikała z pamięciowego (i niepełnego) opanowania wzoru na wartość siły grawitacji, będącego matematycznym ujęciem prawa powszechnego ciążenia. Przyjęta w fizyce konwencja, zgodnie z którą wielkości stałe pojawiają się we wzorach przed zmiennymi, mogła przyczynić się do tego, że uczniowie zapamiętali mechanicznie, iż we wzorze tym pojawia się stała grawitacji. Wydaje się jednak, że osoby wybierające tę odpowiedź nie rozumieją fizycznego znaczenia pozostałych symboli, skoro umknęło im, że gdybyśmy koniecznie chcieli rozwiązać to zadanie w oparciu o wspomniany wzór, musielibyśmy podstawić do niego masę planety.

Co ciekawe, znaczna część osób biorących udział w badaniu (30%) wybrała kombinację 1.A., 2.A., twierdząc, że znajomość odległości poszczególnych planet od Słońca wystarcza, aby określić która z nich jest przyciągana najsilniej. Prawdopodobnie ta grupa uczniów zauważyła, że siła oddziaływania grawitacyjnego słabnie wraz z odległością, pomijając zupełnie rolę masy w tym oddziaływaniu. Odpowiedź ta byłaby prawdziwa tylko w sytuacji, gdyby masy wszystkich planet były jednakowe, co oczywiście nie jest prawdą.

Wyniki uzyskane w badaniu wskazują na fakt, że ponad połowa uczniów ma problem ze zrozumieniem i zastosowaniem prawa powszechnego ciążenia, gubiąc się w sytuacji w której należy dokonać analizy czynników wpływających na wartość siły grawitacji w konkretnym przypadku. Ponieważ większość tradycyjnych zadań dotyczących oddziaływana grawitacyjnego to zadania obliczeniowe, warto przy okazji omawiania tego działu włączyć w lekcję zadania problemowe, pozwalające sprawdzić, na ile uczniowie rozumieją samą istotę oddziaływania grawitacyjnego.

Słowa kluczowe grawitacja | prawo powszechnego ciążenia

Prawo Hubble'a

W 1929 r. amerykański uczony Edwin Hubble dokonał jednego z największych odkryć w historii astronomii. Zauważył, że inne galaktyki oddalają się od naszej Galaktyki z prędkością proporcjonalną do ich odległości od naszej Galaktyki. Prawidłowość ta znana jest dziś pod nazwą „Prawo Hubble'a".

Czy można na podstawie prawa Hubble'a oszacować odległość Ziemi od obiektów astronomicznych zestawionych poniżej?

Obiekt astronomiczny	**Czy można oszacować odległość na podstawie prawa Hubble'a?**
1. Dowolna planeta krążąca wokół Słońca.	☐Tak / ☐Nie
2. Gwiazda znajdująca się w jednej z innych galaktyk.	☐Tak / ☐Nie
3. Sonda kosmiczna wystrzelona z Ziemi w kierunku Plutona.	☐Tak / ☐Nie
4. Kometa poruszająca się w układzie planetarnym Słońca.	☐Tak / ☐Nie

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. Nie., 2. Tak., 3. Nie., 4. Nie.

Wymaganie ogólne

4 Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych).

Wymaganie szczegółowe

1.9 Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń 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

Komentarz

Zadanie dotyczy zagadnień z pogranicza astronomii i fizyki, jednak w istocie jest jedynie sprawdzianem ogólnej orientacji w pojęciach Układ Słoneczny, planeta, galaktyka.

Uczeń powinien umieć ocenić, że wszystkie opisane obiekty, z wyjątkiem drugiego, dotyczą naszego Układu Słonecznego. Analiza zamieszczonego we wstępie opisu prawa Hubble´a wyraźnie wskazuje na galaktyki jako obiekty, których to prawo dotyczy. Zatem jedynym obiektem którego odległość można wyznaczać z prawa Hubble´a to galaktyki.

Opisana wyżej wiedza w zasadzie wystarcza do intuicyjnego, ale poprawnego wyboru dobrych odpowiedzi. W zadaniu jednak nie wspomina się właściwie, w jaki to sposób prawo Hubble´a pozwala wyznaczać te odległości, koncentrując się jedynie na tym, jakich obiektów dotyczy.

Aby w pełni świadomie rozwiązywać zadanie uczeń powinien jednak wiedzieć coś jeszcze.

Powinien być świadom, że badanie widma danej galaktyki pozwala (z pewnymi nieistotnymi tu zastrzeżeniami) dość dobrze oszacować prędkość, z jaką oddala się od nas ta galaktyka.

Zadanie nie jest niestety pozbawione pewnych nieścisłości. I tak, choć, upraszczając, mówimy o ucieczce galaktyk od nas, to prędkość, o której traktuje prawo Hubble´a jest prędkością względną między galaktykami. W szczególności jest prędkością, z jaką inne galaktyki oddalają się od naszej Galaktyki, czyli Drogi Mlecznej, a nie od poruszającej się Ziemi czy Układu Słonecznego.

Drugą nieścisłością jest podanie jako obiektu, którego odległość można oszacować – „gwiazdy znajdującej się w jednej z sąsiednich galaktyk”. Otóż trudno nie uznać za sąsiednią galaktykę najbliższych nam galaktyk. Sęk w tym, że są one związane z naszą siłami grawitacji na tyle silnie, że prawo Hubble´a w ich przypadku zawodzi. Opisuje ono bowiem poprawnie oddalanie się od siebie obiektów znajdujących się tak daleko od siebie, że wpływ ich wzajemnej grawitacji można pominąć.

Wyniki badania niemal identycznego zadania, wykonanego na grupie licealistów wykazały, że choć ponad 2/3 badanych poprawnie wskazało gwiazdę w galaktyce, jako obiekt, którego odległość od Ziemi można oszacować na podstawie prawa Hubble'a, to jedynie połowa z nich (czyli 1/3 całości) udzieliła prawidłowej odpowiedzi „Nie” w pozostałych trzech punktach.

Zadanie raczej nie nadaje się na pracę pisemną, ale może być ciekawym punktem wyjścia do dyskusji na temat stosowalności prawa Hubble'a.

Słowa kluczowe galaktyka | gwiazda | prawo Hubble'a | prędkość ucieczki

Paralaksa roczna

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Praca domowa

Zadanie

Metoda paralaksy rocznej polega na pozornej zmianie położenia badanego obiektu względem innych obiektów na niebie. Przyczyną tego zjawiska jest zmiana położenia obserwatora względem obserwowanych obiektów astronomicznych.

W przypadku paralaksy rocznej skorzystano z faktu, że Ziemia wykonuje ruch obiegowy wokół Słońca. Jeśli w pewnym momencie popatrzymy na gwiazdę, to widzimy ją w danym miejscu. Pół roku później, gdy Ziemia przesunie się na przeciwległy kraniec orbity, nasze oczy dostrzegą zmianę położenia tej gwiazdy na tle innych gwiazd. Różnicę tę mierzymy w stopniach.

Parsek (ok. 3,26 roku świetlnego) jest to odległość dla której paralaksa roczna wynosi jedną sekundę łuku (1° ma 3600"). Można przyjąć, że odległość do gwiazdy (mierzona w parsekach) jest odwrotnie proporcjonalna do kąta paralaksy wyrażonego w sekundach łuku.

Zdecyduj, które z poniższych stwierdzeń są prawdziwe, a które fałszywe.

Stwierdzenie	**Prawda czy falsz?**
1. Im większy kąt paralaksy rocznej obserwowanej gwiazdy, tym bliżej znajduje się ona od obserwatora.	☐P / ☐F
2. Kąt paralaksy rocznej Proximy Centauri (odległość od Ziemi 1,29 parseka) jest większy od jednej sekundy łuku.	☐P / ☐F
3. Rok świetlny to odległość, dla której paralaksa roczna wynosi więcej niż sekundę łuku.	☐P / ☐F

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. Prawda., 2. Fałsz., 3. Prawda.

Wymaganie ogólne

1 Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.
4 Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych).

Wymaganie szczegółowe

1.9 Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń 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

Komentarz

Zadanie, choć dotyczy zagadnień z pogranicza astronomii, fizyki i geometrii, bada w istocie jedynie poprawne wyciąganie logicznych wniosków z danych przesłanek.

Kluczowe dla poprawnego rozwiązania zadania jest ostatnie zdanie tekstu:

„Można przyjąć, że odległość do gwiazdy (mierzona w parsekach) jest odwrotnie proporcjonalna do kąta paralaksy wyrażonego w sekundach łuku.”

Poprawność pierwszego stwierdzenia wynika wprost z tego zdania. Odwrotna proporcjonalność to przecież właśnie taka sytuacja, w której wzrost jednej z wielkości oznacza spadek drugiej. Zatem im większy kąt, tym mniejsza odległość (gwiazda jest bliżej).

Fałszywość drugiego stwierdzenie wynika z tego samego, ostatniego zdania tekstu oraz z wniosków z poprzedniego zdania: „Parsek (ok. 3,26 roku świetlnego) jest to odległość dla której paralaksa roczna wynosi jedną sekundę łuku (1° ma 3600").”

Skoro odległość jest większa niż parsek, to kąt musi być mniejszy niż sekunda (a nie większy).

Prawdziwość ostatniego stwierdzenia wynika z tych samych dwóch zdań. Skoro parsek to ponad 3 lata świetlne, to rok świetlny jest odległością mniejszą niż parsek, a co za tym idzie, kąt paralaksy będzie większy niż sekunda łuku.

Jak widać ocena poprawności dwóch ostatnich stwierdzeń jest nieco trudniejsza niż pierwszego. Przeprowadzone wśród uczniów liceów badanie dało wyniki zgodne z tym przewidywaniem. Prawidłową odpowiedź w przypadku stwierdzenia 1 zaznaczyło 70% uczniów, w przypadku drugiego – tylko nieco ponad połowa, a dla trzeciego – mniej niż połowa. Całe zadanie poprawnie rozwiązał zaledwie co czwarty uczeń. Brak przy tym jakiegokolwiek związku między rozwiązaniem zadania o ogólnym wynikiem ucznia z całego rozwiązywanego testu sugeruje, że zadanie okazało się bardzo trudne i znaczna część poprawnych odpowiedzi była dziełem przypadku.

Zadanie dobrze nadaje się na sprawdzian diagnozujący sprawność wnioskowania uczniów.

Omawiając zadanie, warto przypomnieć uczniom, że choć najprościej wyznaczenie paralaksy danej gwiazdy wykonuje się poprzez dwa pomiary wykonane w odstępie pół roku, to, zgodnie z definicją, paralaksa roczna jest kątem między prostymi Ziemia–gwiazda i Słońce–gwiazda. Dlatego opisana w zadaniu mierzona różnica położeń jest w istocie podwojonym kątem paralaksy rocznej. Nie wpływa to wprawdzie na tok rozumowania przy rozwiązaniu zadania, ale może prowadzić do nieporozumień w dalszym toku nauki.

Słowa kluczowe

paralaksa

Doświadczenie z żelazkiem

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji

Zadanie

Krzysiek wykonał następujące doświadczenie z żelazkiem.

I. Rozgrzał żelazko do pewnej temperatury i obok niego, w odległości 20 cm, umieścił czuły termometr.

II. Okopcił schłodzone żelazko sadzą, rozgrzał je do tej samej temperatury i w tej samej odległości co poprzednio umieścił termometr.

Okazało się, że w **drugiej sytuacji** wskazanie termometru było wyższe.

Uzupełnij zdanie w taki sposób, aby uzyskać prawidłowe stwierdzenie.

(1) Powierzchnia żelazka pokrytego sadzą emituje w jednostce czasu

☐A. mniej energii niż

☐B. więcej energii niż

☐C. tyle samo energii, co

czysta powierzchnia,

(2) a temperatura termometru wzrasta głównie na skutek zjawiska

☐A. przewodnictwa cieplnego.

☐B. konwekcji.

☐C. promieniowania.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. B., 2. C.

Wymaganie ogólne

2 Przeprowadzanie doświadczeń i wyciąganie wniosków z otrzymanych wyników.
3 Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.

Wymaganie szczegółowe

2.1 Fizyka atomowa. Uczeń opisuje promieniowanie ciał, rozróżnia widma ciągłe i liniowe rozrzedzonych gazów jednoatomowych, w tym wodoru

Komentarz

Zadanie zostało wykorzystane w badaniu, w którym wzięli udział uczniowie klas drugich liceum ogólnokształcącego. Mierzy ono umiejętność wnioskowania na podstawie wyników doświadczenia. Aby je rozwiązać, należy zapoznać się z opisem przeprowadzonego doświadczenia oraz zastanowić się nad przyczynami, dla których wskazania termometru w drugiej części doświadczenia różnią się od jego wskazań w części pierwszej. Przydatne są przy tym umiejętności, które uczeń powinien nabyć na III etapie edukacyjnym, a których dotyczą następujące wymagania szczegółowe: *Uczeń 2.6. analizuje jakościowo zmiany energii wewnętrznej spowodowane wykonaniem pracy i przepływem ciepła; 2.8. wyjaśnia przepływ ciepła w zjawisku przewodnictwa cieplnego oraz rolę izolacji cieplnej; 2.11. opisuje ruch cieczy i gazów w zjawisku konwekcji.*

Przede wszystkim warto uświadomić sobie, że żelazko nagrzane do temperatury wyższej niż temperatura otoczenia emituje energię pod postacią ciepła tak długo, jak długo pomiędzy nim a otoczeniem istnieje różnica temperatur. Im większy przekaz energii w jednostce czasu, tym bardziej wzrośnie temperatura otoczenia. Skoro w pewnej ustalonej odległości od żelazka pokrytego sadzą temperatura była wyższa niż w tej samej odległości od czystego żelazka, prawidłowym rozwiązaniem pierwszej części zadania jest odpowiedź B: *powierzchnia żelazka pokrytego sadzą emituje w jednostce czasu więcej energii niż czysta powierzchnia*. Takiej odpowiedzi udzieliło 67,8% osób biorących udział w badaniu. Najczęściej wybieraną odpowiedzią nieprawidłową była odpowiedź A (19,5%). Być może część uczniów uznała, że warstwa sadzy działa jako izolacja cieplna i udzieliła tej odpowiedzi, nie biorąc pod uwagę wyniku przeprowadzonego doświadczenia. Na odpowiedź C zdecydowało się zaledwie 7,1% osób biorących udział w badaniu.

Znacznie więcej problemów sprawiła uczniom druga część zadania, wymagała ona bowiem zastanowienia się nad istotą mechanizmu, na skutek którego następuje przekaz ciepła pomiędzy żelazkiem a otoczeniem. Prawie połowa uczniów (46,5%) wybrała w tej części nieprawidłową odpowiedź A: *temperatura termometru wzrasta głównie na skutek zjawiska przewodnictwa cieplnego*. Osoby decydujące się na taką odpowiedź zupełnie zignorowały fakt, że powietrze charakteryzuje się bardzo słabą przewodnością cieplną, zatem warstwa powietrza oddzielająca termometr od żelazka pełni rolę izolacji termicznej.

Drugą pod względem popularności była odpowiedź B, również nieprawidłowa: *temperatura termometru wzrasta głównie na skutek zjawiska konwekcji*. Na odpowiedź tę zdecydowało się 25,2% uczniów, nie wzięli oni jednak pod uwagę faktu, że zjawisko konwekcji polega na uporządkowanym ruchu cząsteczek, który moglibyśmy brać pod uwagę tylko w sytuacji w której termometr zostałby umieszczony nad żelazkiem, W takim przypadku ciepłe powietrze znad żelazka unosiłoby się do góry, a na jego miejsce napływałoby chłodniejsze. Skoro jednak w zadaniu wyraźnie podkreślono, że termometr znajdował się obok żelazka – jego temperatura nie mogła wzrosnąć na skutek zjawiska konwekcji.

Najrzadziej wybieraną w tej części zadania okazała się prawidłowa odpowiedź C: *temperatura termometru wzrasta głównie na skutek promieniowania*. Odpowiedzi takiej udzieliło 20,4% uczniów. Być może większość osób biorących udział w badaniu skojarzyło zjawisko promieniowania ze światłem widzialnym, tym czasem energia pomiędzy żelazkiem a otoczeniem przekazywana jest pod postacią promieniowania podczerwonego, niewidzialnego dla ludzkiego oka, odczuwanego jednak jako ciepło. Problemy uczniów z ustaleniem prawidłowej odpowiedzi w drugiej części zadania przełożyły się na rozwiązywalność jego całości, która wyniosła w badaniu 15,9%.

Dla uczniów mogło okazać się niezrozumiałe, dlaczego stal pokryta sadzą emituje w jednostce czasu więcej energii niż czysta powierzchnia. Warto zauważyć, że poczernione żelazko pochłania padające na jego powierzchnię promieniowanie elektromagnetyczne, natomiast żelazko o czystej powierzchni działa jak zwierciadło i odbija promieniowanie. W efekcie całkowita energia żelazka pokrytego sadzą jest sumą energii wynikającej z rozgrzania go do pewnej temperatury i energii pochłoniętego promieniowania. Zatem stygnąc, żelazko to emituje w jednostce czasu więcej energii niż emitowałoby, gdyby jego powierzchnia nie została poczerniona. Niemniej aby rozwiązać zadanie, uczeń nie musi znać mechanizmu tego zjawiska. W zupełności wystarczy, jeśli powiąże wzrost temperatury termometru ze wzrostem emisji

promieniowania i ustali, na skutek jakiego procesu następuje przekaz energii pomiędzy żelazkiem a termometrem.

Słowa kluczowe

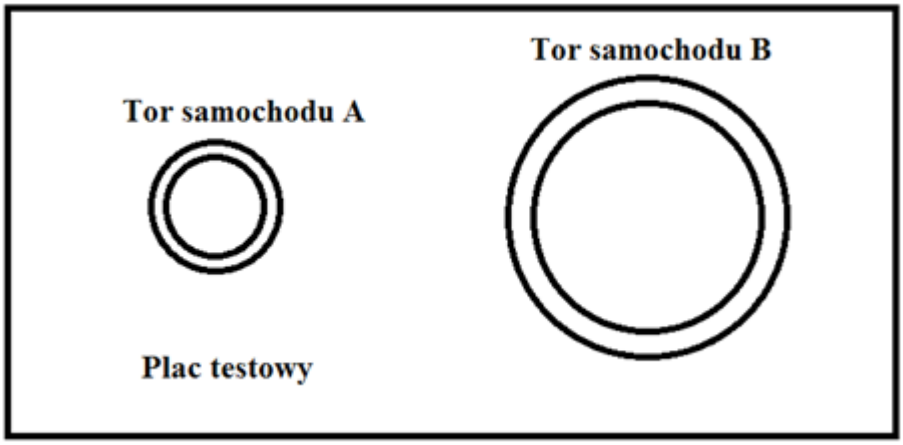
energia | promieniowanie ciał | temperatura

Tory samochodów

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Sprawdzian

Zadanie

Firma konstruująca samochody przygotowała dwa kołowe tory do testowania samochodów, aby sprawdzić z jaką maksymalną prędkością samochody mogą się poruszać po łuku, nie wpadając w poślizg. Długość toru pierwszego wynosi 300 m, a drugiego 1200 m. Podczas przeprowadzania testu wykorzystano dokładnie takie same samochody i zadbano by nawierzchnia torów była jednakowa.



1. W teście I oba samochody jadą z tą samą prędkością.

2. W teście II każdy z samochodów jedzie z maksymalną prędkością, przy której nie wpada w poślizg.

Poniżej podano kilka stwierdzeń. Zdecyduj, które z nich dotyczy testu I, testu II, a które żadnego z nich.

Stwierdzenie	**Którego testu dotyczy stwierdzenie?**
1. Na oba samochody działa taka sama siła dośrodkowa.	☐Test I / ☐Test II / ☐Żadnego
2. Na samochód A działa większa siła dośrodkowa.	☐Test I / ☐Test II / ☐Żadnego
3. Na samochód B działa większa siła dośrodkowa.	☐Test I / ☐Test II / ☐Żadnego

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. Test II., 2. Test I., 3. Żadnego.

Wymaganie ogólne

1 Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.

Wymaganie szczegółowe

1.2 Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem oraz wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej

Komentarz

Zadanie sprawdza umiejętność wnioskowania na podstawie tekstu źródłowego oraz wiedzę na temat siły dośrodkowej. Zostało ono wykorzystane w badaniu, w którym wzięli udział uczniowie klas drugich gimnazjum. Aby je rozwiązać, należy zapoznać się z tekstem i załączonym rysunkiem, zwracając szczególną uwagę na opis dwóch testów, którym poddano samochody. Z tekstu dowiadujemy się, że testowano dwa jednakowe modele, możemy zatem założyć, że masy obu samochodów były takie same. Oba samochody poruszały się po torach w kształcie okręgu, przy czym promienie tych torów były różne.

Na każde ciało poruszające się po okręgu działa siła dośrodkowa proporcjonalna do masy tego ciała, kwadratu jego prędkości i odwrotnie proporcjonalna do promienia okręgu. W trakcie pierwszego z testów oba samochody jechały z tą samą prędkością. Ponieważ ich masy były takie same, wartość siły dośrodkowej zależała wyłącznie od promienia toru. Na samochód A, poruszający się po torze o mniejszym promieniu, działała większa siła dośrodkowa niż na samochód B. Na tej podstawie możemy stwierdzić, że do testu I odnosi się drugie stwierdzenie z tabeli. Prawidłowej oceny tego stwierdzenia dokonało 24,3% uczestników badania. Aż 41,2% uznało, że stwierdzenie to odnosi się do testu II, a kolejne 29,2% - że do żadnego z tych testów.

W teście II oba modele jechały z maksymalną prędkością, przy której mogły się utrzymać na nawierzchni, nie wpadając w poślizg. Utrzymanie się samochodu w trakcie wykonywania zakrętu na torze zależy od siły tarcia pomiędzy oponami a nawierzchnią. Warto mieć na uwadze, że siła tarcia jest w tym przypadku siłą reakcji, zależy więc od wartości siły odśrodkowej, działającej na samochód. Dopóki samochód nie wypada z toru, siła tarcia równoważy siłę odśrodkową, zatem pełni rolę siły dośrodkowej. Zależy zatem od prędkości samochodu i promienia toru. W zadaniu podano jednak informację, że nawierzchnia obu torów była jednakowa, z czego wynika, że w trakcie tego testu na oba samochody działała taka sama siła dośrodkowa. Wobec tego do testu II odnosi się pierwsze ze stwierdzeń. Jego prawidłowej oceny dokonało 37,2% uczniów.

Niewiele mniej, bo 31,4% uznało, że stwierdzenie to odnosi się do I testu – być może uczniowie ci nie zauważyli, że maksymalna prędkość z jaką samochód może się poruszać po torze jest ograniczona wartością siły tarcia (siły dośrodkowej). Z dotychczasowych badań przeprowadzonych przez Pracownię Przedmiotów Przyrodniczych wynika bowiem, że część uczniów błędnie wyobraża sobie siłę dośrodkową jako skutek, a nie przyczynę ruchu po okręgu. Najmniej uczniów (26,6%) zdecydowało się zaznaczyć ostatnią odpowiedź, uważając, że stwierdzenie to nie dotyczy żadnego z przeprowadzonych testów.

Nie mniej problematyczne okazało się stwierdzenie trzecie. Z przyczyn opisanych powyżej właśnie ta sytuacja jest niemożliwa do uzyskania w warunkach w jakich przeprowadzano testy. W przypadku testu I, przebiegającego przy takich samych prędkościach obu pojazdów, ze względu na różnicę w promieniach obu torów, nie jest możliwe, aby siła dośrodkowa działająca na samochód B była większa niż siła dośrodkowa działająca na samochód A Jednak 41,2% osób biorących udział w badaniu wybrało właśnie tę odpowiedź. Relatywnie niewielki odsetek uczniów, bo tylko 17,3%, zdecydował się wskazać test II

jako odpowiadający trzeciej sytuacji. Prawidłowo oceniło tę sytuację 36,7% uczniów, stwierdzając, iż nie dotyczy ona żadnego z opisanych testów.

Rozwiązywalność całego zadania wyniosła w badaniu 16,8%, przy czym zadanie bardzo mocno różnicowało uczniów. Uzyskane wyniki wskazują na problemy uczniów ze zrozumieniem fizycznego sensu podstawowych pojęć dotyczących ruchu po okręgu. Większość uczniów najprawdopodobniej nie potrafi wyrobić sobie całościowego spojrzenia na przyczyny powstawania tego rodzaju ruchu oraz związek pomiędzy siłą dośrodkową a pozostałymi wielkościami służącymi do jego opisu.

Słowa kluczowe

ruch po okręgu | siła dośrodkowa

Energia spoczynkowa

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Praca domowa

Zadanie

Reakcja rozpadu β nietrwałego izotopu węgla $^{14}_{6}C$ jest podstawą datowania węglowego. Jej równanie ma postać

$$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}C + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}_e ,$$

gdzie $\bar{\nu}_e$ oznacza antyneutrino elektronowe.

(1) To, że przebiega ona samorzutnie, oznacza że suma mas produktów reakcji jest

☐A. mniejsza od masy

☐B. równa masie

☐C. większa od masy

jądra węgla $^{14}_{6}C$,

ponieważ następuje przemiana części energii (2)

☐A. kinetycznej

☐B. spoczynkowej

☐C. wiązania

w inne rodzaje energii.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. A., 2. B.

Wymaganie ogólne

3 Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.

Wymaganie szczegółowe

2.2 Fizyka atomowa. Uczeń interpretuje linie widmowe jako przejścia między poziomami energetycznymi atomów
2.3 Fizyka atomowa. Uczeń opisuje budowę atomu wodoru, stan podstawowy i stany wzbudzone

Komentarz

Zadanie sprawdza rozumienie mechanizmu przemian promieniotwórczych i zostało wykorzystane w badaniu, w którym wzięli udział uczniowie klas pierwszych liceum ogólnokształcącego. Aby je rozwiązać, uczeń powinien zastanowić się nad warunkami, w jakich zachodzi opisana reakcja. Z tekstu dowiadujemy się, iż zachodzi ona samorzutnie, a ze schematu reakcji wynika, iż jest to reakcja rozpadu, co oznacza, że mogą ulegać jej jądra znajdujące się w spoczynku. Zatem jądro węgla $^{14}_{6}C$ nie musi mieć energii kinetycznej, aby zaszła ta reakcja. Jego energia spoczynkowa (iloczyn masy i kwadratu prędkości światła) zostaje zamieniona na energię spoczynkową oraz kinetyczną przynajmniej niektórych produktów reakcji.

Wprawdzie uczeń nie ma obowiązku wiedzieć, że powstające antyneutrino elektronowe unosi ze sobą energię kinetyczną, jednak ze schematu reakcji wynika, że powstaje również promieniowanie β^- (elektron). Znaczna przenikliwość tego promieniowania wynika z faktu, iż elektrony powstałe na skutek przemian jądrowych poruszają się z ogromnymi prędkościami. Zatem przynajmniej ta cząstka oprócz energii spoczynkowej posiada również energię kinetyczną. Wobec tego suma energii spoczynkowych powstających cząstek jest mniejsza od energii spoczynkowej jądra węgla, z czego wynika, iż suma mas produktów reakcji jest mniejsza od masy jądra ulegającego samorzutnemu rozpadowi.

Zgodnie z powyższym rozumowaniem, prawidłową odpowiedzią jest kombinacja 1–A, 2–B. Wyniki uzyskane w badaniu wskazują, iż licealiści mieli ogromny problem z przeprowadzeniem tego rozumowania – zadanie zostało rozwiązane przez zaledwie 1% uczniów. Większość uczestników badania nie potrafiła ustalić, jaki rodzaj energii jądra może ulegać zamianie w inne rodzaje energii. Prawidłowej odpowiedzi udzieliło w drugiej części zadania 15,3% uczniów.

Najczęściej wybieraną odpowiedzią nieprawidłową była odpowiedź C „energia wiązania” (45,8%). Prawdopodobnie uczniowie przeoczyli fakt, iż energia wiązania jest (zgodnie z jej definicją) równa ilości energii potrzebnej do rozbicia jądra na pojedyncze nukleony. Tymczasem uważniejsze przyjrzenie się schematowi reakcji prowadzi do wniosku, iż żaden nukleon nie został odłączony od jądra w trakcie opisywanej przemiany. Jedynym skutkiem jej zajścia jest przemiana jednego neutronu w proton.

Relatywnie często wybierana była również odpowiedź A „energia kinetyczna” (36%), choć z treści zadania w żaden sposób nie wynikało, aby w dowolnie wybranym układzie odniesienia następowały jakiekolwiek zmiany prędkości jądra węgla, powodujące przekształcenie części jego energii kinetycznej

w inne rodzaje energii. Bazując na podstawowej wiedzy dotyczącej rozpadu beta, uczniowie mogli bez trudu wykluczyć tę odpowiedź jako nieprawidłową. Wydaje się jednak, iż uczniowie bardzo słabo rozumieją zapis symboliczny stosowany w fizyce jądrowej, o czym świadczą wyniki uzyskane dla innych zadań, w których zapis ten był użyty. Najprawdopodobniej uczestnicy badania nie powiązali równania reakcji z konkretnym procesem fizycznym.

Nie mniej kłopotliwa okazała się pierwsza część zadania. Tylko 20,2% uczniów wskazało prawidłową odpowiedź. Najczęściej wybieraną odpowiedzią nieprawidłową była odpowiedź B „suma mas produktów reakcji jest równa masie jądra węgla $^{14}_{6}C$ " (57,6%). Kolejne 20% uczniów uznało, że „suma mas produktów reakcji jest większa od masy jądra węgla $^{14}_{6}C$ ” (odpowiedź C). Sposób, w jaki odpowiadały w tej części zadania osoby biorące udział w badaniu świadczy niezrozumieniu szeroko pojmowanej zasady zachowania energii, stosowanej do wszystkich jej rodzajów, w tym również takich, których nie rozważamy w świecie makroskopowym w bilansie energetycznym danego procesu.

Słowa kluczowe

energia spoczynkowa | rozpad beta

Trzecie prawo Keplera

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji

Zadanie

Korzystając z III prawa Keplera Wojtek miał za zadanie obliczyć, ile dni ziemskich trwa rok marsjański. Znał wzór wyrażający to prawo:

$$\frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{r_2^3}{r_1^3}$$

i dysponował danymi na temat Ziemi i Marsa:

	Ziemia	Mars
1. Średnia odległość od Słońca ($\cdot 10^6$ km)	150	228
2. Promień planety (km)	6400	2400

Który z poniższych zapisów przedstawia poprawny sposób podstawienia danych do tego wzoru i pozwala na uzyskanie odpowiedzi na postawione pytanie?

- A. $\frac{T_2^2}{24^2} = \frac{2400^3}{6400^3}$
- B. $\frac{T_2^2}{24^2} = \frac{228^3}{150^3}$
- C. $\frac{T_2^2}{365^2} = \frac{2400^3}{6400^3}$
- D. $\frac{T_2^2}{365^2} = \frac{228^3}{150^3}$

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

D.

Wymaganie ogólne

1 Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.

Wymaganie szczegółowe

1.6 Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń 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)

Komentarz

Zadanie bada umiejętność podstawiania danych do wzoru i zostało wykorzystane w badaniu, w którym wzięli udział uczniowie pierwszych klas liceum. Aby je rozwiązać, należało powiązać dane z zamieszczonej pod tekstem tabeli z odpowiednimi symbolami we wzorze będącym matematycznym zapisem III prawa Keplera.

W podanym w zadaniu wzorze symbol T oznacza okres obiegu planety wokół Słońca (czyli inaczej długość roku na danej planecie), a symbol r – promień orbity planety. Zauważmy, że w odpowiedziach zaproponowanych do wyboru oznaczono długość roku marsjańskiego, wyrażoną w ilości dni ziemskich, jako T_2. Wobec tego symbol r_2 oznacza promień orbity Marsa, a symbole T_1, r_1 – odpowiednio długość roku ziemskiego oraz promień orbity ziemskiej. Po podstawieniu danych do wzoru i uproszczeniu jednostek powinniśmy zauważyć, że prawidłową odpowiedzią jest odpowiedź D. Jednak tylko 21% uczniów wskazało tę odpowiedź jako prawidłowe rozwiązanie zadania.

Znacznie większy odsetek osób biorących udział w badaniu (61%) wskazywał odpowiedź C, w której w miejsce symboli r_1 i r_2 wpisane zostały wartości promieni samych planet, a nie promieni ich orbit. Wskazuje to na fakt, iż znaczna część uczniów nie rozumie znaczenia symboli użytych w tym wzorze i nie potrafi powiązać wzoru z treścią III prawa Keplera. Gdyby uczniowie powołali się na ustne sformułowanie tego prawa, być może zauważyliby, że wiąże ono okres obiegu planety wokół Słońca ze średnią odległością między tymi dwoma ciałami (czyli ze średnim promieniem orbity). Odpowiedzi A i B, gdzie zamiast długości ziemskiego roku wstawiono długość ziemskiej doby były wybierane stosunkowo rzadko (odpowiednio przez 9 i 7% uczniów). Najprawdopodobniej osoby decydujące się na któryś z tych dystraktorów wybierały odpowiedź losowo.

Wyniki uzyskane dla tego zadania wskazują na fakt, iż uczniowie w liceum mają problemy z rozumieniem wzorów fizycznych i interpretacją użytych w nich symboli. Warto zatem zwrócić uwagę na to, aby przy wprowadzaniu nowego wzoru uczniowie najpierw dobrze zrozumieli jego sens fizyczny. Trudno bowiem opanować sztukę sprawnego posługiwania się wzorami bez uprzedniego zrozumienia praw kryjących się za tym zapisem.

Słowa kluczowe okres | promień orbity

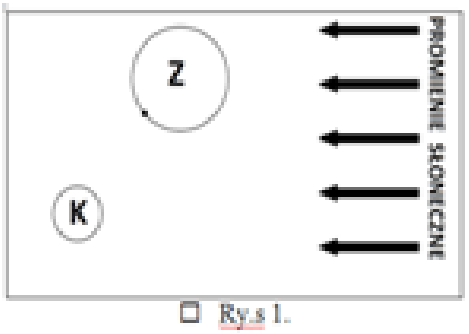
Fazy Księżyca

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji

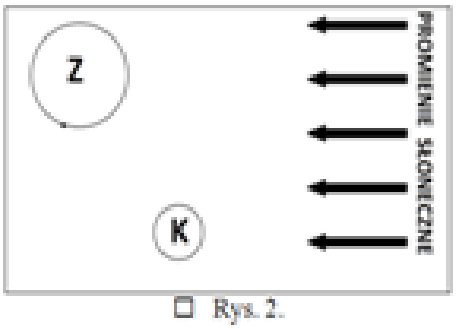
Zadanie

Ewa mieszka w Warszawie. Bardzo lubi patrzeć w niebo. Pewnego dnia zaobserwowała na niebie Księżyc w kształcie sierpa (rysunek poniżej).

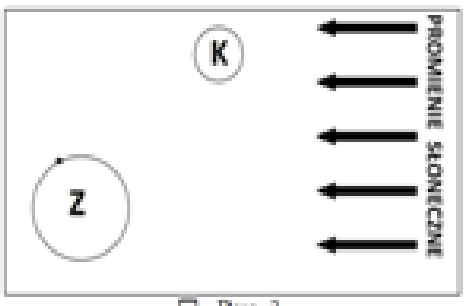
Który z poniższych rysunków przedstawia położenie Ziemi (Z) i Księżyca (K) względem Słońca, przy którym z punktu na Ziemi oznaczonego kropką (•) możemy zobaczyć taki widok?



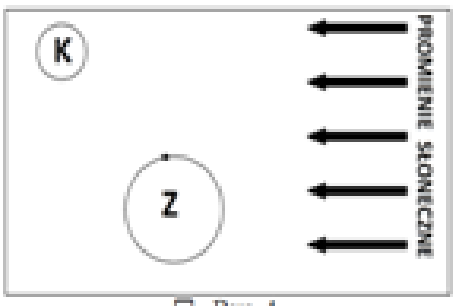
Rys. 1.



Rys. 2.



Rys. 3.



Rys. 4.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

Rys.2.

Wymaganie ogólne

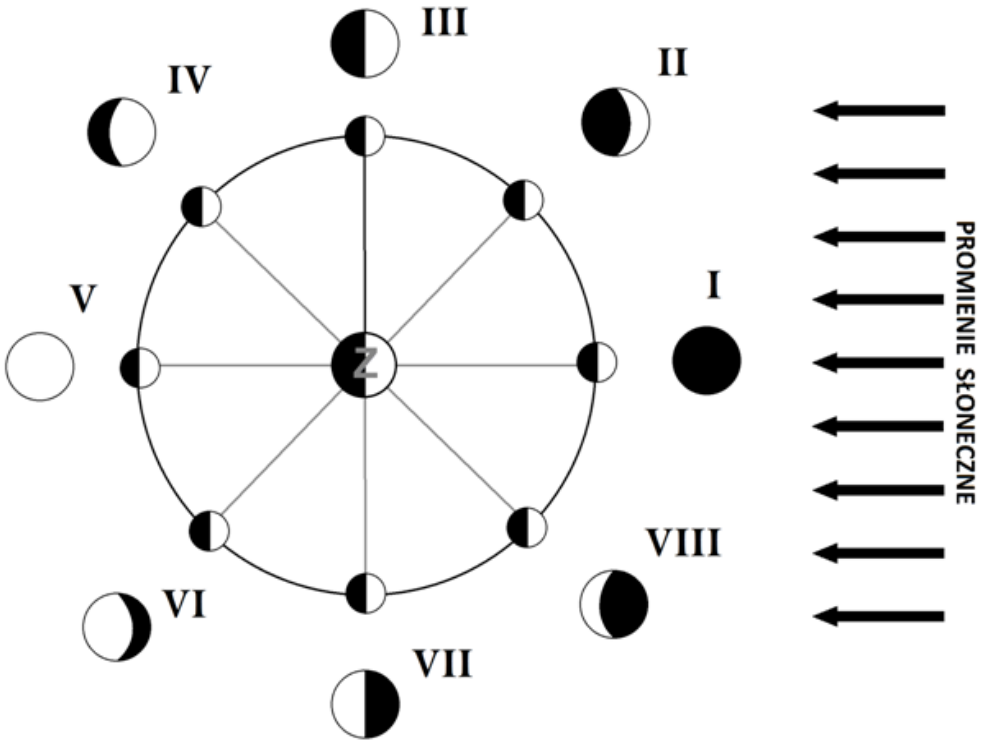
1 Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.

Wymaganie szczegółowe

1.8 Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń wyjaśnia przyczynę występowania faz i zaćmień Księżyca

Komentarz

Zadanie sprawdza umiejętność wyciągania wniosków na podstawie informacji graficznej i zostało wykorzystane w badaniu, w którym wzięli udział uczniowie drugich klas liceum ogólnokształcącego. Aby je rozwiązać, należy przeanalizować związek pomiędzy wzajemnym usytuowaniem Ziemi, Księżyca i Słońca a obserwowanymi z Ziemi fazami naszego naturalnego satelity. Poniższy rysunek przedstawia oświetlenie globu Księżyca w wybranych położeniach w trakcie jego ruchu obiegowego wokół Ziemi oraz widok jego tarczy obserwowany z powierzchni naszej planety.



Nów obserwujemy w sytuacji, w której Księżyc znajduje się pomiędzy Ziemią a Słońcem w takim położeniu, że linia łącząca środek Ziemi z Księżycem jest równoległa do kierunku promieni Słonecznej (położenie I). Obserwator znajdujący się na powierzchni Ziemi nie widzi wówczas oświetlonej części Księżyca, która zwrócona jest w stronę Słońca. Na skutek ruchu obiegowego Księżyca, jego położenie względem Ziemi i Słońca ulega zmianie. W sytuacji w której linia łącząca Ziemię z Księżycem tworzy kąt mniejszy od 90^o z kierunkiem padania promieni Słonecznych obserwujemy powiększający się sierp Księżyca (położenie II).

Sierp ten jest zwrócony wypukłą stroną na zachód, zatem obserwator na półkuli północnej (na przykład w Warszawie) widzi wypukłość Księżyca po swojej lewej stronie. Sytuacja ta odpowiada wzajemnemu położeniu ciał niebieskich przedstawionemu na rysunku 3. Nie jest to widok, który zaobserwowała Ewa, ponieważ zobaczyła ona wypukłość Księżyca po stronie prawej. Mimo to rysunek 3. był najczęściej wskazywaną odpowiedzią – wybrało go 36,8% uczniów. Prawdopodobnie po ustaleniu, że obserwator na Ziemi zobaczy sierp Księżyca, uczniowie nie dociekali już, czy będzie on zwrócony w tę samą stronę co sierp zaobserwowany przez Ewę lub też pomylili się przy ustalaniu dokładnego kształtu oświetlonej części tarczy księżycowej.

W położeniu w którym kierunek Ziemia-Księżyc tworzy kąt prosty z kierunkiem padania promieni słonecznych zaobserwujemy pierwszą kwadrę (położenie III). Po minięciu tego położenia oświetlona część tarczy Księżyca staje się coraz bardziej pełna (położenie IV). Sytuacji tej odpowiada rysunek 4. Pełnia Księżyca ma miejsce, gdy znajduje się on dokładnie po przeciwnej stronie Ziemi niż Słońce (położenie V). Od tego momentu Księżyca zaczyna „ubywać": powierzchnia oświetlona przez Słońce zmniejsza się, czemu odpowiada rysunek 1 (położenie VI). Oba te rysunki wskazał praktycznie taki sam odsetek osób biorących udział w badaniu: 19,9% w przypadku rysunku 1. i 19,5% w przypadku rysunku 4.

Po trzeciej kwadrze (położenie VII) Księżyc ponownie przybiera kształt sierpa, którego wielkość zmniejsza się aż do momentu osiągnięcia nowiu (położenie VIII). Jedynie w tym okresie tarcza naszego naturalnego satelity wygląda tak, jak rysunek ilustrujący obserwację Ewy. Położenie Księżyca odpowiadające tej sytuacji zostało przedstawione na rysunku 2. Wprawdzie odpowiedź tę wskazało 20,4% uczniów, czyli podobny odsetek jak w przypadku rysunków 1. i 4., jednak zadanie bardzo dobrze różnicuje. W grupie uczniów osiągających najlepsze wyniki z całości testu ponad 70% uczestników badania rozwiązało prawidłowo całe zadanie. Wydaje się zatem, że większość z nich robiła to świadomie, rozumiejąc związek pomiędzy zamieszczonymi rysunkami a odpowiadającymi im fazami Księżyca.

Słowa kluczowe fazy Księżyca | Księżyc

Zjawisko fotoelektryczne

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji

Zadanie

Odkrycie zjawiska fotoelektrycznego przez H. Hertza w roku 1887 wywołało ogromny kryzys w świecie naukowym przełomu XIX i XX wieku. Stało się tak, ponieważ niektóre cechy tego zjawiska nie dawały się wyjaśnić w ramach obowiązującej wówczas falowej teorii światła.

Które z poniższych własności zjawiska fotoelektrycznego można było wyjaśnić korzystając z falowej teorii światła.

Własność	**Można było wyjaśnić?**
1. Rozchodzenie się światła wiąże się przenoszeniem energii.	☐Tak / ☐Nie
2. Jeżeli zjawisko fotoelektryczne zachodzi, to wzrost natężenia światła zwiększa liczbę wybijanych elektronów.	☐Tak / ☐Nie
3. Natężenie światła nie wpływa na to, czy zjawisko zachodzi, czy nie.	☐Tak / ☐Nie

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. Tak., 2. Tak., 3. Nie.

Wymaganie ogólne

1 Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.

Wymaganie szczegółowe

2.6 Fizyka atomowa. Uczeń opisuje efekt fotoelektryczny, wykorzystuje zasadę zachowania energii do wyznaczenia energii i prędkości fotoelektronów.

Komentarz

Efekt fotoelektryczny polega na wybijaniu elektronów z metalu oświetlonego światłem o odpowiednio wysokiej częstotliwości. Padające na metal światło oddziałuje z elektronami, przekazując im swoją energię, przy czym część tej energii zostaje spożytkowana na wyrwanie elektronu z metalu, a reszta energii zostaje zamieniona na energię kinetyczną elektronu. Dla każdego materiału istnieje ściśle określona wartość progowa częstotliwości światła, poniżej której zjawisko w ogóle nie zachodzi.

Z punktu widzenia falowej teorii światła jest to fakt zdumiewający – energia fali zależy jedynie od kwadratu jej amplitudy, zatem zwiększając odpowiednio natężenie światła padającego na metal, powinniśmy doprowadzić do wybicia fotoelektronów. Tak się jednak nie dzieje, a wyjaśnić ten aspekt zjawiska fotoelektrycznego możemy jedynie wprowadzając pojęcie fotonu (kwantu światła), czyli cząstki o zerowej masie i energii proporcjonalnej do częstotliwości padającego światła. W przypadku światła o częstotliwościach niższych od częstotliwości progowej, energia padających fotonów byłaby po prostu za mała, aby wyrwać elektron z metalu i nadać mu pewną prędkość.

Jeśli przyjrzymy się zestawionym w tabeli własnościom zjawiska fotoelektrycznego, to zgodnie z powyższym rozumowaniem, tylko trzeciej własności nie da się wyjaśnić w oparciu o falową teorię światła. Dwie pierwsze własności można bez trudu wyjaśnić zgodnie z tą teorią. Zauważmy, że każda fala przenosi energię, proporcjonalną do kwadratu amplitudy drgań. Skoro światło jest falą elektromagnetyczną (jego rozchodzenie się polega na rozchodzeniu się drgań pola elektromagnetycznego) to musi ono nieść pewną energię. Wzrost natężenia światła wiąże się z kolei ze wzrostem amplitudy fali. Czym wyższa amplituda drgań, tym wyższa energia fali, co w przypadku światła skutkowałoby możliwością wybicia większej liczby elektronów z metalu.

Prezentowane zadanie sprawdza rozumienie mechanizmu zjawiska fotoelektrycznego. Zostało ono wykorzystane w badaniu, w którym wzięli udział uczniowie klas drugich liceum ogólnokształcącego. Prawidłowej oceny poszczególnych właściwości efektu fotoelektrycznego dokonało, odpowiednio, 73,5%, 57,1% oraz 60,2% osób biorących udział w badaniu. Całość zadania rozwiązało prawidłowo 33,6% uczniów, przy czym zadanie różnicuje ich bardzo słabo. Najprawdopodobniej uczniowie mają problem ze zrozumieniem samej istoty zjawiska fotoelektrycznego, za czym przemawia fakt, iż znaczna część osób prawidłowo oceniających dowolną część zadania popełniło błąd w ocenie przynajmniej jednej z pozostałych dwóch części.

Słowa kluczowe efekt fotoelektryczny | fotoelektron

Siła tarcia jako siła dośrodkowa

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji

Zadanie

Samochód zakręca nie zmieniając wartości prędkości na płaskiej, poziomej jezdni. **Rozstrzygnij, które z poniższych stwierdzeń są prawdziwe, a które fałszywe.**

Stwierdzenie	**Prawda czy falsz?**
1. Na samochód działa siła tarcia, która pełni rolę siły dośrodkowej.	☐P / ☐F
2. Siła dośrodkowa powoduje zmianę kierunku prędkości.	☐P / ☐F
3. Siła dośrodkowa równoważy siłę tarcia.	☐P / ☐F

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. Prawda., 2. Prawda., 3. Fałsz.

Wymaganie ogólne

1 Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.

Wymaganie szczegółowe

1.2 Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń opisuje zależności między siłą dośrodkową a masą, prędkością liniową i promieniem oraz wskazuje przykłady sił pełniących rolę siły dośrodkowej

Komentarz

Zadanie sprawdza umiejętność zastosowania pojęcia siły dośrodkowej do sytuacji praktycznej, znanej z życia codziennego. Zadanie zostało wykorzystane w badaniu, w którym wzięli udział uczniowie klas drugich liceum ogólnokształcącego. Całość zadania prawidłowo rozwiązało 27,0% uczniów. Najmniej kłopotu sprawiło im stwierdzenie pierwsze (73,5% prawidłowych odpowiedzi). Aby rozwiązać tę część zadania, uczeń powinien przeanalizować wpływ sił działających na samochód na wartość i kierunek jego prędkości.

Zauważmy, że w sytuacji w której samochód jedzie prosto ze stałą prędkością, działające na niego siły równoważą się. Siłę tarcia opon o jezdnię równoważy siłę z jaką samochód jest napędzany przez silnik. W chwili, w której kierowca zaczyna zakręcać, ustawia koła pod pewnym kątem do kierunku jazdy, co skutkuje powstaniem niezrównoważonej składowej tarcia, skierowanej prostopadle do kierunku jazdy samochodu. Właśnie ta składowa pełni rolę siły dośrodkowej i pod wpływem jej działania samochód zaczyna poruszać się po okręgu.

Drugie stwierdzenie okazało się dla uczniów znacznie mniej oczywiste. Poprawnej odpowiedzi udzieliło w tym przypadku 54% uczniów. Aby prawidłowo ocenić to stwierdzenie należy pamiętać, że prędkość jest wielkością wektorową. Kierunek wektora prędkości jest zgodny z kierunkiem, w którym porusza się samochód. Skoro na skutek działania siły dośrodkowej zmienia się kierunek ruchu auta, zmienia się również kierunek wektora prędkości, co nie jest w żaden sposób sprzeczne z informacją podaną w zadaniu, dotyczącą stałej wartości prędkości.

Dosyć podobna okazała się rozwiązywalność trzeciego stwierdzenia. Prawidłowo oceniło je 51,8% uczestników badania. W tym przypadku o jego nieprawdziwości przesądza fakt, że zmienia się kierunek ruchu auta (co jest równoważne zmianie kierunku prędkości). Zatem działające na ciało siły nie mogą się

równoważyć: zgodnie z pierwszą zasadą dynamiki Newtona jeśli siły działające na samochód równoważyłyby się, poruszałby się on ruchem jednostajnym prostoliniowym lub pozostawał w spoczynku.

Pomimo iż rozwiązywalność drugiego i trzeciego stwierdzenia jest porównywalna z prawdopodobieństwem losowego udzielenia odpowiedzi, stwierdzenia te różnicują uczniów znacznie lepiej niż stwierdzenie pierwsze.. Uzyskane wyniki wskazują na to, że pojęcie siły dośrodkowej jest dla większości uczniów pojęciem trudnym. Warto zatem przy omawianiu rozmaitych zagadnień związanych z ruchem po okręgu zwracać uczniom uwagę na to, jaka siła pełni w danym przypadku rolę siły dośrodkowej.

Słowa kluczowe siła dośrodkowa | tarcie

Oddziaływanie jądrowe

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji

Zadanie

Zapoznaj się z poniższym tekstem:

Jądra atomowe składają się z dodatnio naładowanych protonów i elektrycznie obojętnych neutronów. Uwzględnienie dwóch znanych sił: oddziaływania grawitacyjnego (F_g, przyciągające) oraz elektrostatycznego (F_e, odpychające ładunki o tym samym znaku), nie pozwala wyjaśnić trwałości materii. Stosunek tych dwóch sił wynosi $F_g/F_e \sim 10^{-36}$.

Mała wartość tej liczby pozwala zaniedbać oddziaływanie grawitacyjne w porównaniu z oddziaływaniem elektrostatycznym. Można wywnioskować, że nukleony w jądrach atomowych są utrzymywane przez dodatkową siłę – oddziaływanie jądrowe.

Na podstawie powyższego tekstu uzupełnij odpowiedzi tak, by otrzymać zdanie prawdziwe.

(1) Siła oddziaływania jądrowego pomiędzy dwoma protonami w jądrze ma charakter

☐A. przyciągający,

☐B. odpychający,

(2) a jej wartość jest porównywalna z wartością siły

☐A. oddziaływania grawitacyjnego.

☐B. oddziaływania elektrostatycznego.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. A., 2. B.,

Wymaganie ogólne

4 Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych).

Wymaganie szczegółowe

3.1 Fizyka jądrowa. Uczeń posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron podaje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej
3.10 Fizyka jądrowa. Uczeń opisuje działanie elektrowni atomowej oraz wymienia korzyści i zagrożenia płynące z energetyki jądrowej

Komentarz

Zrozumienie zagadnienie trwałości jąder atomowych wymaga umiejętności zastosowania elementarnych umiejętności ze wcześniejszych etapów edukacyjnych. Jądra składają się z neutronów i protonów. Cząstki te posiadają masę, więc przyciągają się grawitacyjnie. Protony posiadają również dodatni ładunek elektryczny, zatem odpychają się elektrostatycznie. Jednak oddziaływanie grawitacyjne nie jest w stanie zrównoważyć elektrostatycznego odpychania protonów i zapewnić stabilności jądra. Dlatego musi istnieć dodatkowa siła, utrzymująca jądro w równowadze. Siłę tę nazywamy oddziaływaniem jądrowym.

Zadanie było rozwiązywane przez uczniów drugich klas liceów ogólnokształcących. Poprawnie rozwiązało je 35% badanych osób, wybierając kombinację 1.A. 2.B.: *siła oddziaływania jądrowego pomiędzy dwoma protonami w jądrze ma charakter przyciągający, a jej wartość jest porównywalna z wartością siły oddziaływania elektrostatycznego*. Na podstawie tekstu uczeń powinien zauważyć, że siła oddziaływania jądrowego jest porównywalna z siłą oddziaływania elektrostatycznego, skoro oddziaływanie grawitacyjne jest zaniedbywalne w stosunku do oddziaływania elektrostatycznego.

Ponieważ siła elektrostatyczna odpycha protony, zatem zgodnie z pierwszą zasadą dynamiki Newtona, oddziaływanie jądrowe musi mieć charakter przyciągający, aby zrównoważyło odpychanie elektrostatyczne. Tylko w takiej sytuacji jądro może być trwałe, co uczeń powinien wydedukować samodzielnie, na podstawie informacji zawartych w tekście. Jakkolwiek druga część zadania nie sprawiła uczniom większych problemów (poprawnej odpowiedzi udzieliło 73% badanych), część pierwsza okazała się kłopotliwa. Prawidłowej odpowiedzi udzieliło w tym przypadku już tylko 50% uczniów. W badaniu część ta bardzo słabo różnicowała, co sugeruje, że większość uczniów wybierała odpowiedź losowo.

Zadanie mierzy umiejętność rozumienia tekstu popularnonaukowego oraz wyciągania wniosków na jego podstawie. Uzyskane wyniki wskazują na fakt, że uczniowie nie najlepiej radzą sobie z wnioskowaniem na podstawie tekstu. Połączenie informacji znalezionej w tekście z wiadomościami ze wcześniejszych działów fizyki i gruntowne przeanalizowanie opisywanego zjawiska najwyraźniej jest umiejętnością która nie została w pełni opanowana przez uczniów biorących udział w badaniu.

Słowa kluczowe

oddziaływanie jądrowe | proton

Izotopy nietrwałe

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Sprawdzian

Zadanie

Dla każdej liczby nukleonów w jądrze istnieje pewna optymalna proporcja między liczbą protonów i neutronów, zapewniająca stabilność jądra. Przykładowo dla jądra składającego się z 15 nukleonów stabilnym izotopem jest izotop azotu ^{15}N, zawierający 7 protonów i 8 neutronów (czasem dla danej liczby nukleonów możliwe są dwie stabilne kombinacje liczby protonów i neutronów).

Izotopy w których te proporcje są inne, niż w izotopach trwałych o tej samej liczbie nukleonów, okazują się nietrwałe.

Izotopy, w których jest nadwyżka neutronów (np. ^{15}C, zawierający 9 neutronów i 6 protonów) ulegają rozpadowi β^-, w którym neutron przechodzi w proton i elektron, co zmniejsza liczbę neutronów, a zwiększa protonów.

Izotopy , w których jest nadwyżka protonów (np. ^{15}O, zawierający 8 protonów i 7 neutronów) ulegają rozpadowi β^+, w którym proton przechodzi w neutron i pozyton (cząstkę o masie równej masie elektronu, lecz o przeciwnym ładunku), co zmniejsza liczbę protonów, a zwiększa neutronów.

Maciek dowiedział się ze powstający w elektrowni jądrowej izotop $^{94}_{38}Sr$ nie jest trwały i podlega rozpadowi promieniotwórczemu. Sprawdził w tablicach chemicznych, że trwałymi izotopami o liczbie masowej 94 są $_{40}Zr$ oraz $_{42}Mo$.

(1) Można stąd wywnioskować, że $^{94}_{38}Sr$ ulega rozpadowi:

☐A. β^-,

☐B. β^+,

(2) ponieważ liczba neutronów w tym izotopie jest

☐A. większa

☐B. mniejsza

od liczby neutronów w izotopach stabilnych o takiej samej liczbie nukleonów.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1.A., 2.A.

Wymaganie ogólne

4 Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych).

Wymaganie szczegółowe

3.3 Fizyka jądrowa. Uczeń wymienia właściwości promieniowania jądrowego ?, ?, ? opisuje rozpady alfa, beta (wiadomości o neutrinach nie są wymagane), sposób powstawania promieniowania gamma posługuje się pojęciem jądra stabilnego i niestabilnego

Komentarz

Zadanie sprawdza umiejętność rozumienia tekstu popularnonaukowego oraz wyciągania wniosków na jego podstawie. Zostało ono wykorzystane w badaniu, w którym wzięli udział uczniowie klas drugich liceum ogólnokształcącego. Korzystając z informacji zawartych w tekście, należy najpierw ustalić, dlaczego izotop $^{94}_{38}Sr$ jest nietrwały. Możliwości są tylko dwie: albo posiada on nadwyżkę protonów w stosunku do stabilnych izotopów o tej samej liczbie masowej (i wtedy zajdzie rozpad β^+), albo neutronów (i nastąpi rozpad β^-).

Izotop jest zbudowany z 94 nukleonów, w tym 38 protonów. Pozostałe 56 nukleonów to neutrony. Na temat stabilnych izotopów $_{40}$Zr (cyrkon) i $_{42}$Mo (molibden) dowiadujemy się z tekstu, że mają tę samą liczbę masową, co wyżej wymieniony izotop. Zatem oba z nich są zbudowane z 94 nukleonów, przy czym cyrkon z 40 protonów i 54 neutronów, a molibden z 42 protonów i 52 neutronów. Porównując proporcje protonów do neutronów we wszystkich tych izotopach stwierdzamy, że niestabilny izotop strontu posiada nadmiar neutronów w stosunku do stabilnych izotopów o tej samej liczbie masowej. W takim razie ulegnie on rozpadowi β^-. Prawidłową odpowiedzią jest zatem kombinacja 1.A., 2.A., którą wybrało 46,2% uczestników badania.

Rozwiązywalność poszczególnych etapów zadania wynosiła odpowiednio 65,6% oraz 66,2%. Wynika z tego, że co trzecia osoba udzielająca prawidłowej odpowiedzi w którejś z tych dwu części nie umiała rozwiązać całego zadania. Być może uczniowie ci nie przeczytali wystarczająco uważnie tekstu (jego długość mogła zniechęcić) i typowali odpowiedź losowo. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na fakt, iż nawet osoby, które przeczytały dokładnie cały tekst, mogły mieć problem z zadaniem, wynikający z niedostatecznego opanowania zapisu symbolicznego. Wyniki uzyskane dla innych zadań wykorzystanych w badaniach Pracowni Przedmiotów Przyrodniczych pokazują, że część uczniów nie rozumie znaczenia pojęć „liczba masowa” czy „liczba atomowa”, a co za tym idzie – nie potrafi czytać ze zrozumieniem symboli używanych do oznaczenia składu jądra atomowego.

Słowa kluczowe

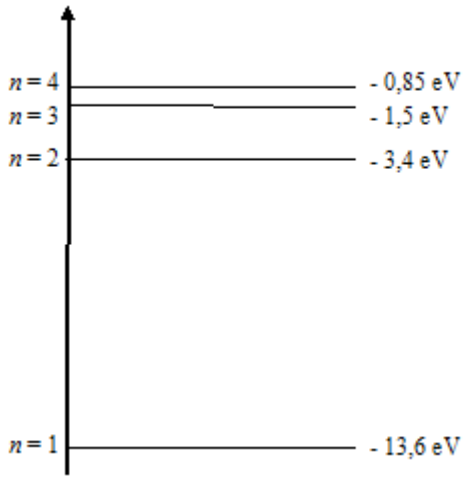
izotopy niestabilne | rozpad beta

Poziomy energetyczne

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji

Zadanie

Diagram przedstawia układ wybranych poziomów energetycznych atomu wodoru.



Źródło: własne

Wyobraźmy sobie że na atomy wodoru, znajdujące się w stanie podstawowym ($n = 1$), pada promieniowanie UV. Energia fotonów tego promieniowania wynosi dokładnie 11 eV.
Wybierz właściwe fragmenty tak, by otrzymać poprawne stwierdzenie wraz z uzasadnieniem.

(1) Wskutek tego

☐A. niektóre atomy przejdą do stanu wzbudzonego o $n = 2$,

☐B. wszystkie atomy pozostaną w stanie podstawowym,

☐C. niektóre atomy przejdą do stanu o $n = 0$,

(2) ponieważ energia fotonów

☐A. jest wystarczająca do przejścia do pierwszego stanu wzbudzonego.

☐B. nie jest dopasowana do przejścia do któregokolwiek ze stanów wzbudzonych.

☐C. jest mniejsza od 13,6 eV.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. B., 2. B.

Wymaganie ogólne

1 Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.

Wymaganie szczegółowe

2.3 Fizyka atomowa. Uczeń opisuje budowę atomu wodoru, stan podstawowy i stany wzbudzone
2.4 Fizyka atomowa. Uczeń wyjaśnia pojęcie fotonu i jego energii
2.5 Fizyka atomowa. Uczeń interpretuje zasadę zachowania energii przy przejściach elektronu między poziomami energetycznymi w atomie z udziałem fotonu

Komentarz

Zgodnie z modelem Bohra, elektronowi znajdującemu się na określonej orbicie w atomie odpowiada konkretny poziom energetyczny. Przedstawiony w zadaniu diagram zawiera informacje na temat energii elektronu, w sytuacji w której zajmuje on jedną z czterech najniższych orbit atomu wodoru. Aby przenieść elektron na orbitę wyższą, należy mu dostarczyć porcję energii (na przykład pod postacią fotonu) równą różnicy energii pomiędzy poziomem docelowym a poziomem, z którego elektron przenosimy. Należy przy tym pamiętać, że energia fotonu musi być bardzo ściśle dobrana do różnicy energii pomiędzy poziomami, ze względu na to, że dostarczenie energii do atomu oznacza w tym przypadku absorpcję fotonu.

W sytuacji opisanej w zadaniu na atomy wodoru padają fotony promieniowania UV o energii równej 11 eV. Wszystkie atomy znajdują się w stanie podstawowym, a zatem każdy elektron zajmuje poziom o energii równej -13,6 eV. Energia pierwszego poziomu wzbudzonego wynosi -3,4 eV. Różnica energii pomiędzy tymi dwoma poziomami wynosi zatem 10,2 eV. Energia padających fotonów jest zbyt wysoka, aby spowodować przejście elektronów na pierwszy poziom wzbudzony ($n = 2$). Różnica energii pomiędzy stanem podstawowym a kolejnym poziomem wzbudzonym ($n = 3$) wynosi z kolei 11,7 eV, więc tym razem energia fotonów jest niewystarczająca, aby wzbudzić atomy wodoru. Podobnie w sytuacji poziomu o $n = 4$. Jak widać, energia fotonu nie jest dopasowana do żadnego z możliwych przejść na wyższe poziomy energetyczne, zatem wszystkie atomy wodoru pozostaną w stanie podstawowym. Prawidłowym rozwiązaniem zadania jest zatem kombinacja odpowiedzi 1.B., 2.B.

Prezentowane zadanie bada umiejętność przewidywania wyników doświadczeń w oparciu o wiedzę, którą dysponuje uczeń. W badaniu, w którym wzięli udział uczniowie drugich klas liceów ogólnokształcących, rozwiązało je 21% uczestniczących w nim osób. Badanie wykazało, że uczniowie mieli spory problem z określeniem, w jaki sposób zachowają się atomy w opisanej sytuacji. W pierwszej części zadania na odpowiedź A zdecydowało się 42% uczniów uważając, że niektóre atomy przejdą do stanu wzbudzonego o $n = 2$. Podobna liczba osób (43,6%) zdecydowała się na odpowiedź B (prawidłową), stwierdzając, że wszystkie atomy pozostaną w stanie podstawowym.

Najprawdopodobniej wątpliwości uczniów wzięły się stąd, że energia fotonów była minimalnie wyższa niż różnica energii pomiędzy poziomem podstawowym a pierwszym poziomem wzbudzonym. Rozumując w sposób właściwy dla mechaniki klasycznej, mogli dojść do wniosku, że foton przekaże elektronowi taką część swojej energii, która wystarczy aby przenieść go na wyższą orbitę, nie zastanawiając się zupełnie, że pozostająca nadwyżka energii nie może tak po prostu zniknąć, skoro foton zostaje zaabsorbowany. Można zatem przypuszczać, że znaczna część uczniów nie rozumiała mechanizmu wzbudzenia atomu. Świadczy o tym rozkład odpowiedzi w drugiej części zadania. Na wyjaśnienie A zdecydowało się 35,9% uczniów (energia fotonów jest wystarczająca do przejścia do pierwszego stanu wzbudzonego). Prawidłowe wyjaśnienie B (energia fotonów nie jest dopasowana do przejścia do któregokolwiek ze stanów wzbudzonych) wybrało 25,6% osób, natomiast wyjaśnienie C (energia fotonów jest mniejsza od 13,6 eV) wybrało dokładnie tyle samo osób, co wyjaśnienie A (35,9%).

Słowa kluczowe atom wodoru | poziomy energetyczne

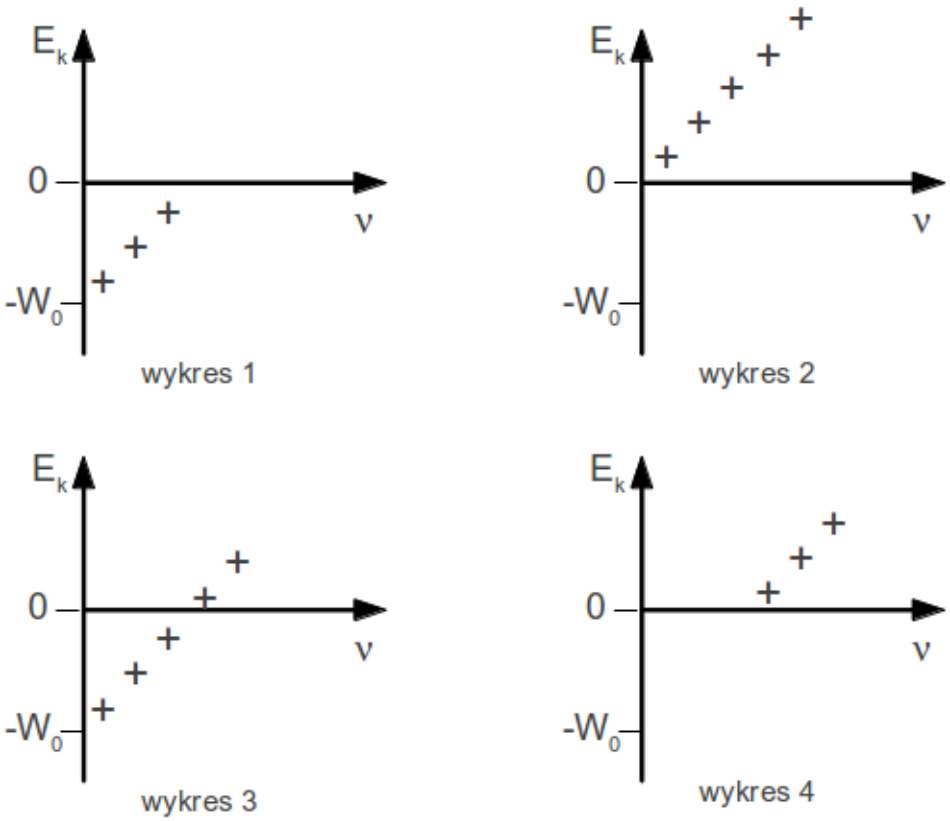
Efekt fotoelektryczny

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji

Zadanie

W klasie nauczyciel przeczytał uczniom opis doświadczenia pozwalającego zbadać efekt fotoelektryczny. Polegało ono na oświetlaniu metalowej płytki światłem o różnej częstotliwości fali λ . Następnie mierzono maksymalną energię kinetyczną wybijanych elektronów.

Na podstawie tego opisu, uczniowie mieli naszkicować wykresy spodziewanej zależności maksymalnej energii kinetycznej elektronów od częstotliwości fotonu. Padały różne propozycje:



(1) Możliwy do uzyskania wynik doświadczenia przedstawiono

☐A. na wykresie 1,

☐B. na wykresie 2,

☐C. na wykresie 3,

☐D. na wykresie 4,

(2) ponieważ

☐A. prędkość wybitego elektronu jest proporcjonalna do pracy wyjścia z metalu.

☐B. część energii fotonu zostaje zamieniona na pracę wyjścia z metalu.

☐C. energia kinetyczna elektronu jest większa od pracy wyjścia z metalu.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. D., 2. B.

Wymaganie ogólne

1 Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.
4 Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych).

Wymaganie szczegółowe

2.6 Fizyka atomowa. Uczeń opisuje efekt fotoelektryczny, wykorzystuje zasadę zachowania energii do wyznaczenia energii i prędkości fotoelektronów.

Komentarz

Efekt fotoelektryczny polega na wybijaniu elektronów z metalowej płytki oświetlonej światłem widzialnym lub promieniowaniem UV. Zjawisko to świadczy o korpuskularnej naturze światła: pojedynczy foton zderza się z pojedynczym elektronem, ulegając absorpcji. Część energii pochłoniętego fotonu jest zamieniana na pracę wyjścia, potrzebną do wyrwania elektronu z metalu, reszta – na energię kinetyczną elektronu. Związek pomiędzy energią zaabsorbowanego fotonu, a maksymalną energią kinetyczną wybitego elektronu możemy zapisać przy pomocy następującej zależności: $E\gamma=E_k+W$.

Energia fotonu zależy od jego częstotliwości ($E\gamma=h\nu$), a zatem możemy powyższe równanie przepisać w postaci $h\nu=E_k+W$, z czego z kolei wynika, że $E_k=h\nu-W$. Wobec tego wykres prawidłowo przedstawiający zależność pomiędzy energią kinetyczną wybitego elektronu a częstotliwością padającego na metal światła przedstawiony jest na ostatnim rysunku. Idąc powyższym tokiem rozumowania, uczeń powinien jako odpowiedź wskazać kombinację 1.D., 2.B. „Możliwy do uzyskania wynik doświadczenia przedstawiono na wykresie 4, ponieważ część energii fotonu zostaje zamieniona na pracę wyjścia z metalu”.

Zadanie sprawdza umiejętność analizy wykresu w oparciu o posiadaną przez ucznia wiedzę i było wykorzystane w badaniu, w którym wzięli udział uczniowie klas drugich liceum ogólnokształcącego. Prawidłowo rozwiązało je zaledwie 4,4% osób. Wyniki uzyskane w badaniu wskazują na fakt, że sporym problemem było dla uczniów przeprowadzenie rozumowania, które pozwoliłoby im wskazać właściwy wykres. Najczęściej wskazywany był wykres 3 (43,6%). Osoby dokonujące takiego wyboru nie dostrzegły jednak istotnego problemu: jak z punktu widzenia fizyki interpretować ujemne wartości energii kinetycznej, pojawiające się na wykresie? Postawienie sobie takiego pytania powinno doprowadzić ucznia do wniosku, że wybijany z metalu elektron nie może mieć ujemnej energii, a zatem wykres ten należy odrzucić.

Drugi pod względem częstotliwości wyboru był wykres 2 (37,0%). Byłby on prawdziwy jedynie w sytuacji, gdyby wybicie elektronu z metalu nie wiązało się z zamianą części energii fotonu na pracę wyjścia, a cała energia fotonu byłaby przekształcana w energię kinetyczną elektronu. Być może

uczniowie wybierający tę odpowiedź zasugerowali się tym, że w tekście wprowadzającym nie wspomniano o pracy wyjścia. Niemniej badanie było przeprowadzone wśród uczniów, którzy mieli już za sobą pełny cykl obowiązkowego kształcenia z fizyki, a zatem spotkali się już z pojęciem efektu fotoelektrycznego.

Wykres 4, prawidłowo obrazujący możliwy do uzyskania wynik doświadczenia, był dopiero trzeci pod względem popularności wśród uczniów (8,4%). Trudności z wyborem właściwego wykresu przełożyły się na to, że w drugiej części zadania większość uczniów wybierała losowo uzasadnienie swojej odpowiedzi z części pierwszej. Poszczególne opcje w drugiej części zadania były wybierane z bardzo podobną częstotliwością, odpowiednio 32%, 37% (odpowiedź prawidłowa) i 28,6%.

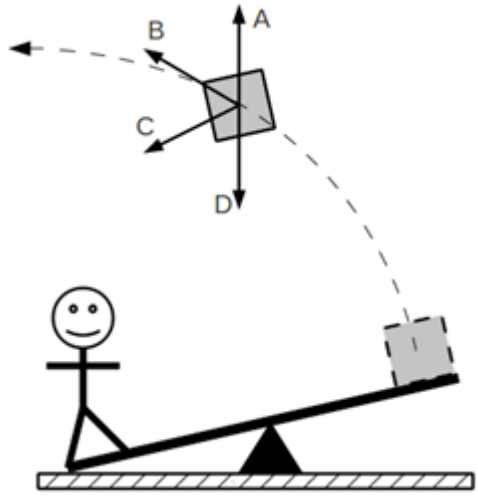
Słowa kluczowe efekt fotoelektryczny | praca wyjścia

Wyrzutnia paczek

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Praca domowa

Zadanie

Andrzej i Ela wprowadzili się do nowego mieszkania. Patrząc na stosy pudeł do rozładowania i przeniesienia na pierwsze piętro nowego lokum, Andrzej wpadł na pomysł, by nie nosić paczek po schodach, lecz wrzucać je na balkon za pomocą wyrzutni. Sytuacja ta jest przedstawiona na poniższym rysunku.



Uzupełnij poniższe zdania, aby powstała wypowiedź prawdziwa z punktu widzenia praw fizyki.

(1) Jeśli pominiemy opory ruchu, jedyną siłą działającą na lecącą paczkę będzie siła na rysunku zaznaczona jako

☐A. wektor A.

☐B. wektor B.

☐C. wektor C.

☐D. wektor D.

(2) Działanie tej siły spowoduje, że w kierunku pionowym paczka będzie się poruszać

☐A. ze stałą prędkością,

☐B. ze stałym przyspieszeniem,

(3) natomiast w kierunku poziomym ruch będzie się odbywał

☐A. ze stałą prędkością.

☐B. ze stałym przyspieszeniem.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. D., 2. B., 3. A.

Wymaganie ogólne

R1 (Rozszerzenie) Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.
R4 (Rozszerzenie) Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk.

Wymaganie szczegółowe

R1.1 (Rozszerzenie) Ruch punktu materialnego. Uczeń rozróżnia wielkości wektorowe od skalarnych wykonuje działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe)
R1.15 (Rozszerzenie) Ruch punktu materialnego. Uczeń analizuje ruch ciał w dwóch wymiarach na przykładzie rzutu poziomego.

Komentarz

Zadanie sprawdza rozumienie wpływu działających sił na ruch ciała na przykładzie rzutu ukośnego. Wprawdzie ten rodzaj rzutu nie został uwzględniony w podstawie programowej, niemniej w sytuacji, w której ograniczymy się do samej analizy ruchu ciała w dwóch wymiarach, bez wyprowadzania skomplikowanych wzorów na zasięg czy maksymalną wysokość rzutu, zagadnienie to nie jest wcale bardziej skomplikowane niż zagadnienie rzutu poziomego.

Na rysunku przedstawiona została wyrzutnia, przy pomocy której paczki zostają wrzucane do mieszkania. Gdy urządzenie to jest uruchamiane, na paczkę działa przez chwilę pewna siła, która nadaje jej określoną prędkość. Kierunek prędkości początkowej jest prostopadły do wyrzutni (styczny do kierunku toru). W tym miejscu można zaproponować uczniom ćwiczenie polegające na dorysowaniu wektora prędkości początkowej paczki i rozłożeniu go na dwie składowe (poziomą i pionową). Następnie należy ustalić, jaka siła działa na paczkę, kiedy znajduje się już w powietrzu, i który wektor reprezentuje tę siłę. Oczywiście jest to siła ciężkości (wektor D), jednak niektórzy uczniowie mogą wskazywać inne siły.

Z dotychczasowych badań przeprowadzonych przez Pracownię Przedmiotów Przyrodniczych wynika, że znaczna część licealistów błędnie interpretuje pierwszą i drugą zasadę dynamiki Newtona. Zwłaszcza osoby, które uważają, że w trakcie dowolnego ruchu na ciało przez cały czas musi działać siła, mogą na przykład wskazywać wektor B, styczny do toru paczki, lub wektor A (paczka się wznosi). Warto wysłuchać uważnie propozycji uczniów i zapytać o uzasadnienie takiego wyboru, co może pomóc nauczycielowi w zdiagnozowaniu problemów poszczególnych osób, a następnie skorygować błędne odpowiedzi.

Następnym etapem rozwiązania powinna być analiza ruchu paczki w obu kierunkach. W rzeczywistych warunkach na paczkę działa opór powietrza, ale w poleceniu zaznaczono, iż należy go pominąć. W takim razie w kierunku poziomym nie działa na paczkę żadna siła, która mogłaby zmienić wartość składowej poziomej prędkości. Zatem w tym kierunku ruch paczki odbywa się ze stałą prędkością. W kierunku pionowym działa na paczkę siła ciężkości, skierowana pionowo w dół. Ponieważ składowa pionowa prędkości paczki jest skierowana w górę, siła ciężkości działa hamująco na ruch paczki w tym kierunku. W efekcie wartość składowej pionowej prędkości paczki maleje w czasie, aby w punkcie o maksymalnej wysokości toru lotu osiągnąć wartość zero.

Bardzo trudnym elementem zadania może okazać się dla uczniów zrozumienie, że w kierunku pionowym ruch paczki odbywa się ze stałym przyspieszeniem, równym przyspieszeniu grawitacyjnemu. Zmianę prędkości ciała wiele osób utożsamia bowiem ze zmianą przyspieszenia. Tymczasem interpretacja związku pomiędzy siłą działającą na ciało a jego przyspieszeniem sprowadza się do tego, że działająca siła powoduje zmianę prędkości ciała w czasie. Zmianę tę definiujemy jako przyspieszenie. Jeśli do tego wartość działającej siły jest stała (tak jak w przypadku siły ciężkości), to wartość przyspieszenia z jakim porusza się ciało również jest stała.

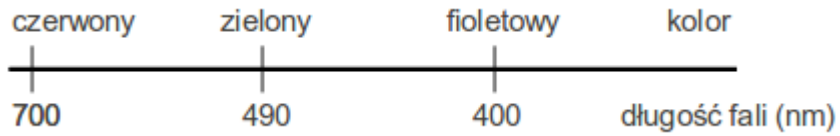
Słowa kluczowe siła | składowa wektora | wektor

Barwa światła

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Sprawdzian

Zadanie

Dorota znalazła w Internecie diagram ilustrujący zależność między barwą światła i odpowiadającą mu długością fali.



Wybierz odpowiednie fragmenty, aby otrzymać prawdziwe stwierdzenie i jego poprawne uzasadnienie.

(1) Fotony światła zielonego niosą energię

☐A. mniejszą niż

☐B. większą niż

☐C. taką samą jak

fotony światła fioletowego.

(2) Wynika to z faktu, że

☐A. prędkość rozchodzenia się

☐B. częstotliwość

(3) światła zielonego jest

☐A. mniejsza niż

☐B. większa niż

☐C. taka sama jak

światła fioletowego.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. A., 2. B., 3. A.

Wymaganie ogólne

1 Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.

Wymaganie szczegółowe

2.4 Fizyka atomowa. Uczeń wyjaśnia pojęcie fotonu i jego energii

Komentarz

Zadanie mierzy umiejętność analizy tekstu oraz interpretacji wykresu.

Światło może być interpretowane na dwa sposoby: zarówno jako fala elektromagnetyczna, jak i jako strumień cząstek zwanych fotonami. Mówimy o dualistycznej naturze światła. Fotony przenoszą energię porcjami, tak zwanymi kwantami. Energia fotonu wyraża się wzorem:

$$E = h \cdot f$$

który jest równoważny równaniu:

$$E = h\frac{c}{\lambda}$$

gdzie: h – stała Plancka, f – częstotliwość , λ - długość fali, c - prędkość światła w próżni

Zatem energia fotonu jest wprost proporcjonalna do częstotliwości, a odwrotnie proporcjonalna do długości fali. Im większa częstotliwość fali (oraz mniejsza długość fali), tym energia fotonu większa.

Znajomość wzoru na energię fotonu światła (jako fali elektromagnetycznej) nie jest konieczna do rozwiązania zadania. Uczeń może tę zależność wydedukować, jeśli tylko rozumie zjawiska falowe. Jeżeli obrazowo falę wyobrazimy sobie jako przenoszone drgań ośrodka w przestrzeni, to można powiązać energię takiej fali z częstością drgań (szybkością zmian), czyli częstotliwością fali. Wyższa częstotliwość oznacza większą energię fali. Natomiast im wyższa częstotliwość, tym mniejsza długość fali. Stąd wniosek, że energia fali jest wprost proporcjonalna do częstotliwości i odwrotnie proporcjonalna do długości fali.

Analizując zamieszczony w tekście wykres widzimy, że barwa zielona światła ma długość fali większą niż barwa fioletowa. Zatem fotony światła zielonego niosą energię mniejszą od fotonów światła fioletowego (odpowiedź 1A). Skoro mają mniejszą energię, to muszą mieć również mniejszą częstotliwość drgań niż światło fioletowe (odpowiedź 2B i 3A).

Prezentowane zadanie było rozwiązywane przez uczniów liceum ogólnokształcącego. Zaledwie 21% badanych uczniów poprawnie rozwiązało wszystkie 3 punkty. Najlepiej wypadł punkt 2 – 72% badanych uczniów prawidłowo oceniło, że to częstotliwość fali (a nie jej prędkość) decyduje o energii fali świetlnej. Jednakże trudniej było licealistom zdecydować, czy wyższa jest energia światła zielonego czy fioletowego (36% prawidłowych odpowiedzi).

Nienajlepszy wynik wskazuje na niedostateczne przyswojenie wiedzy z zakresu fal elektromagnetycznych przez uczniów liceum. A szkoda, bo wiedza na temat światła i jego energii może okazać się bardzo przydatna w życiu.

Słowa kluczowe barwy | foton

Metoda XPS Rentgenowska Spektroskopia Fotoelektronowa

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji

W metodzie XPS (Rentgenowskiej Spektroskopii Fotoelektronowej) oświetla się próbkę promieniowaniem rentgenowskim. W wyniku tego z próbki wybijane są elektrony. Wyznaczając energię kinetyczną wybitych elektronów, można określić, z jakich pierwiastków składa się próbka.

Zadanie 1

Zdecyduj, które z poniższych zjawisk jest wykorzystywane do identyfikacji pierwiastków metodą XPS. Zakreśl prawidłową odpowiedź.

☐A.„Jeśli atom pochłonie odpowiednią porcję energii, to elektron przechodzi z niższego poziomu energetycznego na wyższy poziom energetyczny”.

☐B.„Pod wpływem promieniowania elektromagnetycznego może nastąpić emisja elektronów z metalu”.

☐C.„Neutron znajdujący się w jądrze atomowym ulega rozpadowi promieniotwórczemu na proton i elektron, który jest wyrzucany na zewnątrz jądra”.

☐D. „W wyniku przemiany jądra atomowego powstaje izotop oraz są emitowane różne cząstki, np. elektrony”.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

B

Wymaganie ogólne

1 Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.
4 Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych).

Wymaganie szczegółowe

2.6 Fizyka atomowa. Uczeń opisuje efekt fotoelektryczny, wykorzystuje zasadę zachowania energii do wyznaczenia energii i prędkości fotoelektronów.

Komentarz

Wstęp teoretyczny do wszystkich trzech zadań z wiązki:

Metoda identyfikacji pierwiastków XPS (Rentgenowska Spektroskopia Fotoelektronowa) opiera się na zjawisku fotoelektrycznym. Zjawisko to polega na wybijaniu elektronów z próbki naświetlanej promieniowaniem elektromagnetycznym. Aby zrozumieć to zjawisko uczniowie powinni przypomnieć sobie model budowy atomu: jądro w środku i elektrony stosunkowo daleko od niego krążące po orbitach sferycznych. Jeśli promieniowanie (paczka energii) dociera w pobliże atomu, to może zostać wychwycone przez elektron i spowodować jego przejście na wyższy poziom energetyczny lub nawet, przy wystarczająco wysokiej energii, jego wyrzucenie poza atom. Energia potrzebna elektronowi na opuszczenie atomu jest nazwana pracą wyjścia. Jest to wielkość charakterystyczna dla danego pierwiastka i na jej podstawie można identyfikować pierwiastki zawarte w badanej próbce. Zatem, mierząc energię kinetyczną elektronów wybijanych z atomów i znając energię padającego promieniowania, można wyliczyć pracę wyjścia, a tym samym zidentyfikować pierwiastek.

Wszystkie trzy zadania poruszają temat spektroskopii – powszechnie stosowanej obecnie metody badawczej w wielu dziedzinach naukowych. Polega ona na analizie widm uzyskanych w wyniku oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego z materią. Za jej pomocą możemy określić skład chemiczny substancji, nie badając jej bezpośrednio, a jedynie analizując jej oddziaływanie z falą elektromagnetyczną. Spektroskopię wykorzystuje się m.in. do badania składu chemicznego obiektów we wszechświecie: gwiazd, planet itp.

Warto przy analizie tych zadań przedyskutować z uczniami znaczenie spektroskopii we współczesnych naukach przyrodniczych i jej ogromny wpływ na rozwój wielu dziedzin, w szczególności astronomii.

Dotyczy zadania nr 1:

Zadanie pierwsze mierzy umiejętność wyciągania wniosków na podstawie analizy informacji podanych w tekście oraz wiedzy uczniów. W zadaniu podane są 4 możliwe wyjaśnienia metody XPS. W odpowiedzi A opisano elektron, który na skutek pochłonięcia energii przechodzi z niższego poziomu energetycznego na wyższy. Zatem pozostaje na orbicie atomowej, nie wychodzi na zewnątrz atomu. Nie może to być poprawna interpretacją metody XPS, gdyż w przytoczonym w treści zadania wyjaśnieniu tej metody jest mowa o ‘wybijaniu’ elektronów z atomu. Punkty C i D przedstawiają przykłady przemian jądrowych, w których emitowane są elektrony, jednakże nie są one skutkiem padającego promieniowania. Jedynie odpowiedź B, w której mowa jest o emisji elektronów z metalu pod wpływem promieniowania, jest odpowiedzią prawidłową.

W badaniu, w którym wykorzystano to zadanie, zaledwie 36% badanych uczniów klas drugich licem podało prawidłową odpowiedź. Stosunkowo często była wybierana odpowiedź C (24%), a odpowiedzi A i D były wskazywane przez ok.16% uczniów.

Słowa kluczowe promieniowanie rentgenowskie | spektroskopia

Zadanie 2

W metodzie XPS (Rentgenowskiej Spektroskopii Fotoelektronowej) do identyfikowania pierwiastków wykorzystuje się znany Ci wzór, za który Albert Einstein uzyskał nagrodę Nobla: $E_k = h\nu - W$, gdzie: h – stała Plancka, ν – częstotliwość promieniowania rentgenowskiego, W – praca wyjścia (stała i charakterystyczna dla danego pierwiastka), E_k – energia kinetyczna elektronu.

Uzupełnij poniższe zdanie, zakreślając prawidłowe odpowiedzi.

(1) Jeśli zwiększymy częstotliwość promieniowania rentgenowskiego, to praca wyjścia elektronów

☐A. zwiększy się,

☐ B. zmniejszy się,

☐ C. nie zmieni się,

(2) a ich energia kinetyczna

☐ A. zwiększy się.

☐B. zmniejszy się.

☐C. nie zmieni się.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1C, 2A

Wymaganie ogólne

1 Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.
4 Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych).

Wymaganie szczegółowe

2.6 Fizyka atomowa. Uczeń opisuje efekt fotoelektryczny, wykorzystuje zasadę zachowania energii do wyznaczenia energii i prędkości fotoelektronów.

Komentarz

Teoretyczny wstęp do komentarza znajduje się po zadaniu 1.

Dalszy ciąg dotyczy tylko zadania nr 2:

Zadanie drugie sprawdza umiejętność interpretacji wzoru matematycznego opisującego zasadę zachowania energii dla zjawiska fotoelektrycznego. Analizując wzór, należy wywnioskować, jaki efekt ma zwiększenie częstotliwości padającego na próbkę promieniowania na pracę wyjścia i na energię kinetyczną wybijanych elektronów. Zwiększenie częstotliwości oznacza zwiększenie energii

promieniowania. Praca wyjścia, jak zaznaczono w tekście, jest stała (dla danego pierwiastka), czyli zmiana częstotliwości padającego promieniowania jej nie zmienia. W pierwszej części zadania prawidłowa jest zatem odpowiedź C. Natomiast na podstawie podanego wzoru wnioskujemy, że skoro zwiększa się energia promieniowania, to musi zwiększyć się energia kinetyczna wybitych elektronów, a zatem w drugiej części należy zaznaczyć odpowiedź A.

Zadanie wykorzystano w badaniu, w którym uczestniczyli uczniowie drugich klas liceum ogólnokształcącego. Pierwszą część zadania poprawnie rozwiązało 41% badanych. Jest to stosunkowo mało osób, zważywszy na to, że w treści zadania zostało wyraźnie powiedziane, że praca wyjścia jest stała dla danego pierwiastka. Wskazuje to na nieuważne czytanie lub też nieumiejętność analizy tekstu. W drugiej części należało wydedukować, że energia kinetyczna elektronów wzrasta przy zwiększeniu częstotliwości promieniowania. Została ona poprawnie wykonana przez 59% osób biorących udział w badaniu. Całość zadania prawidłowo rozwiązało około 35% uczestników.

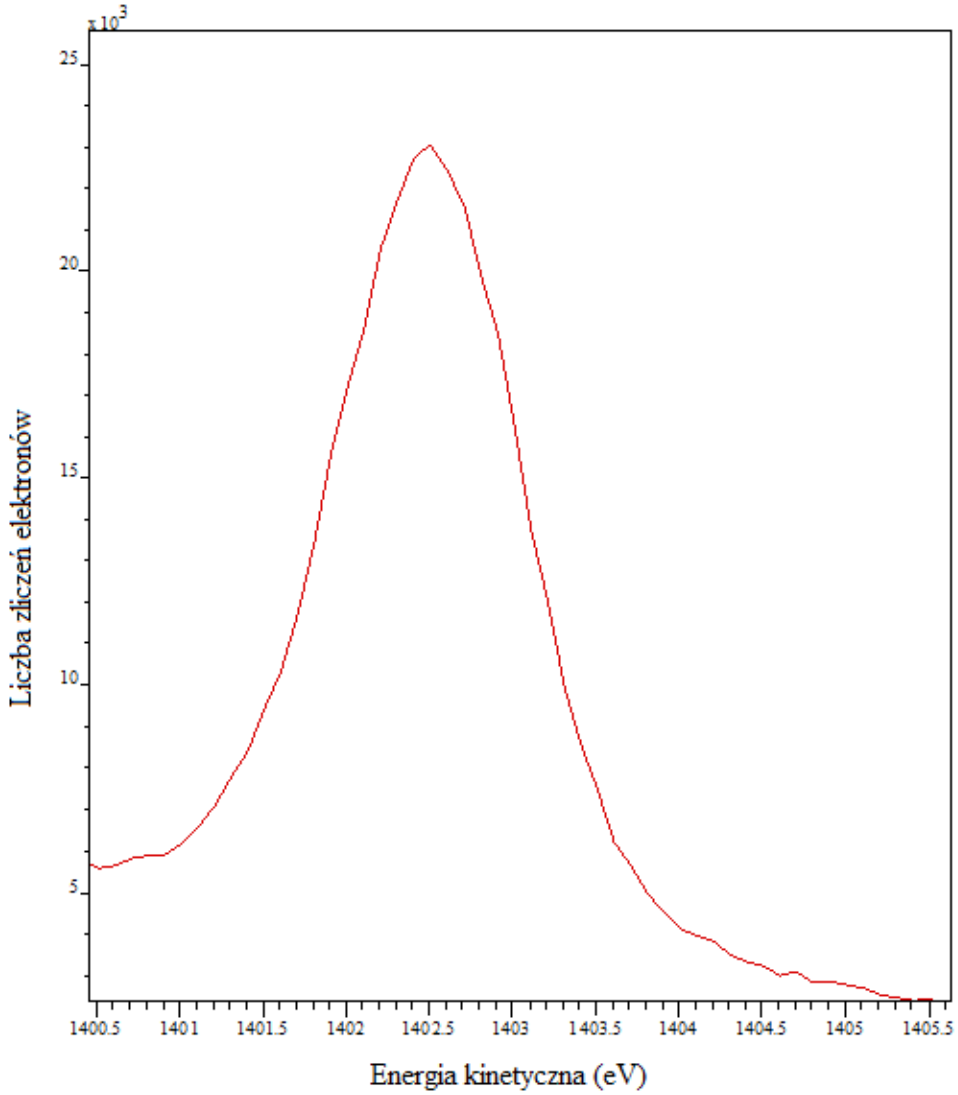
Słowa kluczowe

promieniowanie rentgenowskie | spektroskopia

Zadanie 3

Poniżej zostało przedstawione widmo otrzymane metodą XPS (Rentgenowską Spektroskopią Fotoelektronową). Odczytując wartość energii kinetycznej dla maksymalnej liczby zliczeń elektronów, można określić, jaki to pierwiastek, używając odpowiednich tabel oraz korzystając z zależności Einsteina: $\theta = E_x - E_k$ (gdzie: E_x – energia kwantu promieniowania rentgenowskiego (w tym badaniu około 1500 eV), θ – energia wiązania elektronu w atomie, E_k – energia kinetyczna elektronu).

Zależność liczby zliczeń elektronów od energii kinetycznej



źródło: rysunek własny, autor Michał Sitarz

Korzystając z poniższych tabeli oraz wzoru Einsteina wybierz prawidłowe uzupełnienie zdania, zakreślając właściwą odpowiedź.

Pierwiastek	złoto	wapń	rtęć	ołów	tal
Energia wiązania (eV)	83	438	571	894	1403

Na widmie został przedstawiony pik

☐ A. złota.

☐B. wapnia.

☐C. rtęci.

☐D. ołowiu.

☐E. talu.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

A.

Wymaganie ogólne

1 Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.
4 Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych).

Wymaganie szczegółowe

2.6 Fizyka atomowa. Uczeń opisuje efekt fotoelektryczny, wykorzystuje zasadę zachowania energii do wyznaczenia energii i prędkości fotoelektronów.

Komentarz

Teoryteczny wstęp do komentarza znajduje się po zadaniu 1.

Dalszy ciąg dotyczy tylko zadania nr 3:

Zadanie trzecie okazało się najtrudniejsze z wszystkich trzech z wiązki. Wymagało, oprócz analizy tekstu, również umiejętności interpretacji wykresu, tabeli oraz wzoru matematycznego. Wykres obrazował ilościowy rozkład elektronów w zależność od ich energii kinetycznej (tzw. widmo energetyczne). Można było z niego odczytać, że najwięcej elektronów miało energię w granicach lekko powyżej 1400 eV. Analizując treść zadania (była podana energia padającego promieniowania 1500 eV) i korzystając z zależności Einsteina wnioskujemy, że energia wiązania atomów próbki ma wartość poniżej 100 eV (odejmując trochę więcej niż 1400 od wartości 1500). W podanej tabeli jedynie złoto ma energię wiązania poniżej 100 eV, dla innych pierwiastków jest ona dużo większa (5-cio krotnie i więcej).

Zaledwie 22% badanych wybrało prawidłową odpowiedź A. Ponad dwa razy więcej (47%) wybrało odpowiedź E, czyli na podstawie wykresu zidentyfikowało tal jako pierwiastek badany. Ta właśnie grupa wpadła w pułapkę zbieżności danych w zadaniu. Dane te zostały tak dobrane, że na wykresie energia dla piku jest dokładnie taka sama, jak energia wiązania talu (podana w tabeli). Ci uczniowie zinterpretowali jedynie wykres i tabelę i wybrali odpowiedź z ich punktu widzenia oczywistą. Zapomnieli o zastosowaniu - podanego w tekście zadania - wzoru Einsteina.

Pozostałe odpowiedzi były mniej więcej jednakowo często wybierane (po około 10% zaznaczeń) i wybory te, prawdopodobnie przypadkowe, sugerują niezrozumienie przez uczniów poruszanego zagadnienia.

Słowa kluczowe

promieniowanie rentgenowskie | spektroskopia

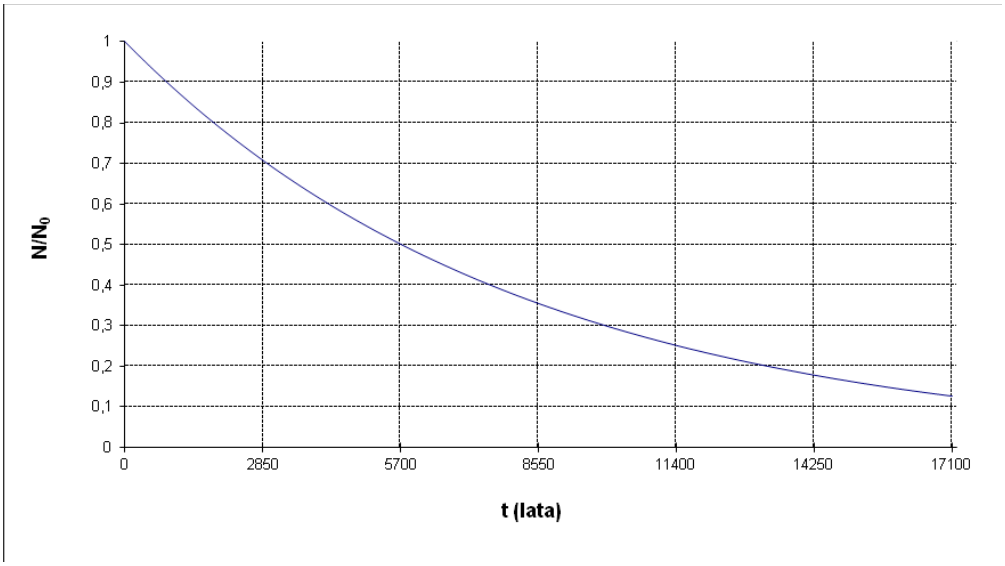
Rozpad węgla promieniotwórczego

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Sprawdzian

Zadanie

Jeżeli dowolna próbka radioaktywna zawiera liczbę jąder promieniotwórczych równą N_o, to po pewnym czasie t, na skutek zachodzących rozpadów, w tej samej próbce znajdować się będzie N jąder promieniotwórczych, które jeszcze nie uległy rozpadowi.

Wykres przedstawia zmiany w czasie stosunku liczby jąder węgla , które jeszcze nie uległy rozpadowi, do początkowej liczby jąder tego izotopu w próbce.



Okres połowicznego rozpadu węgla wynosi około 5700 lat. Oznacza to, że po czasie 2850 lat z początkowej liczby jąder pozostanie (1)

☐ A. 75%

☐B. mniej niż 75%

☐C. więcej niż 75 %

ponieważ liczba jąder radioaktywnych w próbce (2)

☐ A. maleje coraz wolniej.

☐B. maleje coraz szybciej.

☐C. maleje ze stałą szybkością.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. B., 2. A.

Wymaganie ogólne

3 Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.

Wymaganie szczegółowe

3.4 Fizyka jądrowa. Uczeń 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 14C

Komentarz

Zadanie sprawdza umiejętność odczytywania wykresu nieliniowego.

Izotop węgla promieniotwórczego ulega rozpadowi z czasem połowicznego zaniku równym około 5700 lat. Oznacza to, że po upływie 5700 lat, połowa początkowej liczby jąder ulega rozpadowi. Wykres przedstawia zależność ilorazu N/N_0 od czasu, gdzie N_0 i N oznaczają odpowiednio liczbę jąder izotopu węgla w chwili początkowej oraz po czasie t. Zależność ta nie jest liniowa, zatem w jednakowych odstępach czasu rozpada się niejednakowa liczba jąder. Z wykresu widać, że na początku, kiedy jest jeszcze stosunkowo dużo nierozpadniętych jąder węgla, rozpad zachodzi szybciej, więcej jąder się rozpada (wykres jest bardziej stromy). Natomiast kiedy w próbce pozostaje coraz mniej jąder , proces rozpadu przebiega coraz wolniej (bardziej płaski wykres).

Aby rozwiązać zadanie, uczeń powinien wyznaczyć proporcję liczby jąder promieniotwórczych pozostałych po czasie 2850 lat do pierwotnej ich liczby, czyli, innymi słowami, odczytania wartości na osi pionowej układu współrzędnych przy podanej wartości (2850 lat) na osi poziomej. Podany czas równy połowie czasu połowicznego zaniku może sugerować, że liczba pozostałych nierozpadniętych jąder, na zasadzie proporcji, może być równa ¾ liczby jąder na początku przeprowadzanego badania. Jednak, jak zaznaczyliśmy powyżej, rozpad nie przebiega jednostajnie (wykres nie jest linią prostą), więc na początku, przy stosunkowo dużej liczbie nierozpadniętych jąder pierwiastka promieniotwórczego, proces rozpadu jest szybszy. Zatem, stosunek liczby nierozpadniętych jąder izotopu węgla po czasie 2850 lat do liczby tych jąder na początku badania jest mniejszy niż ¾ (mniej niż 75%). Odpowiedzią prawidłową w pierwszej części zadania jest B. Jak zostało wcześniej wyjaśnione, wynika to z faktu coraz wolniejszego tempa rozpadu promieniotwórczego przy zmniejszaniu się liczby nierozpadniętych jąder radioaktywnych . Zatem w drugiej części zadania należało zaznaczyć A. Prawidłową wartość w pierwszej części zadania wystarczyło odczytać z wykresu.

Powyższe zadanie było wykorzystane w badaniu pilotażowym przeprowadzonym wśród uczniów pierwszych klas liceów ogólnokształcących. Całość zadania została prawidłowo rozwiązana przez 36% uczestników. W pierwszej części prawidłowego oszacowania liczby nierozpadniętych jąder dokonało 72% badanych. Natomiast dobór właściwego uzasadnienia okazał się trudniejszy - zaledwie 49% uczniów wybrało prawidłową odpowiedź A.

Pierwsza część zadania wymagała jedynie odczytania wartości z wykresu. Dlatego dziwi fakt tak małej ilości bezbłędnych odpowiedzi. Wskazuje to na słabą umiejętność interpretacji graficznych zagadnień naukowych wśród licealistów. Interpretacja graficzna znajduje duże zastosowanie w naukach przyrodniczych i ułatwia zrozumienie zawiłych praw i zjawisk przyrody, dlatego warto zachęcać uczniów do ćwiczenia umiejętności zarówno odczytywania, jak i rysowania wykresów.

Słowa kluczowe

okres połowicznego zaniku | rozpady promieniotwórcze

Datowanie radiowęglowe

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Sprawdzian

Zadanie 1

Jedną z metod określania wieku przedmiotu jest tzw. datowanie radiowęglowe. Polega ono na porównaniu proporcji pomiędzy izotopem promieniotwórczym ^{14}C a izotopami trwałymi ^{12}C i ^{13}C. Czas połowicznego rozpadu izotopu ^{14}C wynosi ok. 5740 lat.

Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń dotyczących metody datowania radiowęglowego.

Stwierdzenie	Prawda czy fałsz?
1. Metoda ta nie nadaje się do datowania próbek starszych niż około 11 480 lat.	☐ Prawda / ☐ Fałsz
2. Jeżeli w próbce obecnie znajduje się ok. 3000 jąder izotopu węgla ^{14}C, a na początku było ich ok. 6000, to próbka ma ok. 5740 lat.	☐ Prawda / ☐ Fałsz
3. Jeżeli zawartość w próbce trwałych izotopów węgla ^{12}C i ^{13}C jest jednakowa, to znaczy, że próbka ma ok. 5740 lat.	☐ Prawda / ☐ Fałsz

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. Fałsz., 2. Prawda., 3. Fałsz.

Wymaganie ogólne

3 Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.
4 Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych).

Wymaganie szczegółowe

3.4 Fizyka jądrowa. Uczeń 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 14C

Komentarz

Wstęp teoretyczny do wszystkich czterech zadań z wiązki:

Węgiel stanowi jeden z podstawowych elementów budulcowych substancji organicznych. Rośliny pobierają z atmosfery węgiel (w postaci dwutlenku węgla CO_2) i w procesie fotosyntezy przetwarzają go na substancje odżywcze. Zwierzęta budują swoje tkanki, wykorzystując związki organiczne zawarte w organizmach, którymi się żywią. Zarówno rośliny jak i zwierzęta oddają część pobranego węgla atmosferze (głównie w procesie oddychania). Następuje nieustanna wymiana węgla pomiędzy atmosferą a organizmami żywymi. Węgiel występuje w postaci trzech izotopów: ^{12}C, ^{13}C, ^{14}C. Najbardziej

powszechny izotop ^{12}C stanowi 99% węgla w przyrodzie. Promieniotwórczy izotop ^{14}C jest śladowy i stanowi zaledwie 10^{-12} ogółu węgla.

Jak wytłumaczyć istnienie węgla promieniotwórczego w atmosferze? 'Winowajcą' jest docierające do górnych warstw atmosfery promieniowanie kosmiczne, które wywołuje reakcję przekształcającą jądra azotu ^{14}N w jądra radioaktywnego węgla ^{14}C. Zatem ilość wytwarzanego w ten sposób węgla ^{14}C zależy od intensywności promieniowania kosmicznego, która może się nieznacznie zmieniać, np. w zależności od aktywności Słońca.

Z powyższych wyjaśnień wynika, że wszystkie organizmy żywe mają w przybliżeniu taką samą zawartość węgla promieniotwórczego ^{14}C, jak otaczająca je atmosfera. Po swojej śmierci organizm nie pobiera już ze środowiska związków węgla i jedynym procesem powodującym zmianę zawartości radioaktywnego izotopu węgla w martwych tkankach jest jego rozpad promieniotwórczy. W procesie tym ilość atomów ^{14}C zmniejsza się z czasem połowicznego zaniku równym około 5700 lat, co oznacza, że po czasie 5700 lat, połowa początkowej liczby jąder radioaktywnych znika (przekształca się w stabilne jądro azotu ^{14}N). Badając zawartość promieniotwórczego ^{14}C w substancji organicznej, można określić, ile czasu upłynęło od momentu zatrzymania procesu wymiany węgla z otoczeniem (śmierci organizmu). Jest to obecnie bardzo popularna w badaniach archeologicznych metoda szacowania wieku przedmiotów pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego (np. wykonanych z drewna lub kości).

Dotyczy zadania nr 1:

W zadaniu nr 1 przedstawione są 3 stwierdzenia, których prawdziwość należy ocenić:

1. Czy można ocenić wiek próbek starszych niż 11 480 lat?

11 480 lat to czas dwa razy dłuższy od czasu połowicznego zaniku węgla ^{14}C. Zatem w próbce proporcja pomiędzy izotopem promieniotwórczym ^{14}C a izotopami trwałymi powinna być cztery razy mniejsza niż w organizmach żywych (większa jednak od zera). Można zatem stosować metodę datowania radiowęglowego dla próbek starszych niż 11 480 lat.

2. *Jeżeli w próbce obecnie znajduje się ok. 3000 jąder izotopu węgla ^{14}C a na początku było ich ok. 6000, to próbka ma ok. 5740 lat.*

Nastąpił spadek liczby jąder izotopu węgla ^{14}C do połowy początkowej wartości, zatem musiał upłynąć czas równy dokładnie czasowi połowicznego zaniku węgla ^{14}C, który jest równy ok. 5740 lat. Zatem próbka ma ok. 5740 lat. Stwierdzenie jest prawdziwe.

3. *Jeżeli zawartość w próbce trwałych izotopów węgla ^{12}C i ^{13}C jest jednakowa, to znaczy, że próbka ma ok. 5740 lat.*

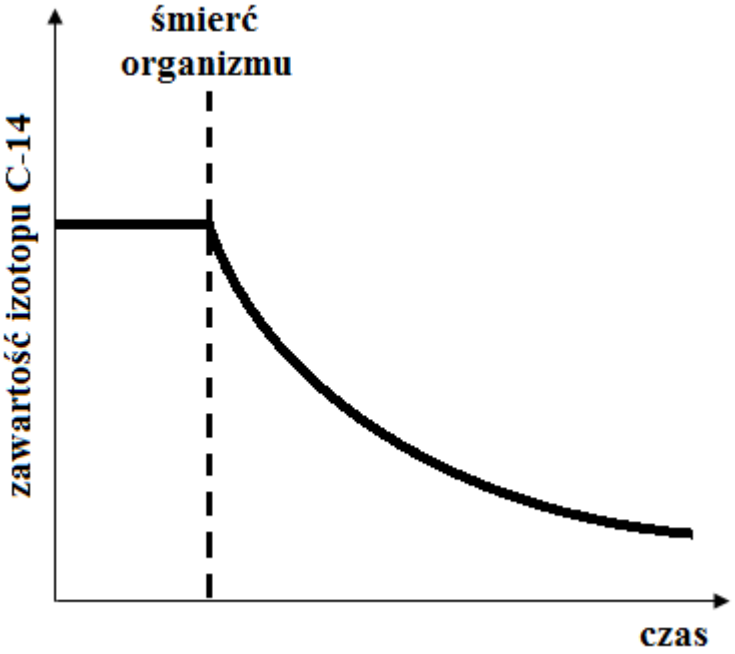
Izotopy trwałe nie rozpadają się, czyli ich zawartość w próbce powinna utrzymywać się na tym samym poziomie, na jakim była w chwili śmierci organizmu. Zatem na podstawie ich zawartości nie można określić wieku próbki – stwierdzenie 3 jest fałszywe.

Analizując wyniki badania edukacyjnego, w którym wykorzystano powyższe zadanie, można przypuszczać, że uczniowie pierwszych klas licealnych mają problemy ze zrozumieniem zagadnienia. Jedynie 37% badanych odpowiedziało prawidłowo na wszystkie trzy stwierdzenia. Stwierdzenia 2 i 3 poprawnie oceniło po 63% badanych. Natomiast dla stwierdzenia 1 poprawnego wyboru dokonało zaledwie 54% uczestników badania. Wynik ten pozwala domniemywać o wyborze losowym dokonanym przez badanych.

Słowa kluczowe datowanie radiowęglowe | izotop | promieniowanie jądrowe

Zadanie 2

Izotop węgla służy w archeologii do datowania. W czasie życia organizmu zawartość tego izotopu (w stosunku do innych, trwałych izotopów węgla) utrzymuje się na stałym poziomie. Po jego śmierci zawartość ta zmniejsza się. Co około 5730 lat, maleje ona dwukrotnie. Dlatego mierząc zawartość izotopu , możemy określić, kiedy nastąpiła śmierć organizmu. W przypadku datowania obiektów z naszej ery błąd pomiaru nie przekracza kilkudziesięciu lat.



źródło: rysunek własny

Korzystając z informacji powyżej zdecyduj, które z poniższych stwierdzeń są prawdziwe, a które fałszywe w odniesieniu do drzewa, które ścięto w 2010 roku.

Stwierdzenie	Prawda czy fałsz?
1. Zawartość izotopu w żywych tkankach drzewa w chwili jego ścięcia nie zależy od tego czy miało ono 100 lat, czy tylko 50 lat.	☐Prawda / ☐Fałsz
2. W 3000 roku zawartość izotopu w kawałku drewna z tego drzewa będzie mniejsza niż w 2100 roku.	☐Prawda / ☐Fałsz
3. W momencie ścięcia drzewa wszystkie atomy izotopu węgla są usuwane z jego organizmu.	☐ Prawda / ☐ Fałsz

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. Prawda., 2. Prawda., 3. Fałsz.

Wymaganie ogólne

3 Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.

4 Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych).

Wymaganie szczegółowe

3.4 Fizyka jądrowa. Uczeń 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 14C

Komentarz

Teoryteczny wstęp do komentarza znajduje się po zadaniu 1.

Dalszy ciąg dotyczy tylko zadania nr 2:

Również w tym zadaniu przedstawione są 3 stwierdzenia, których prawdziwość należy ocenić:

1. *Zawartość izotopu w żywych tkankach drzewa w chwili jego ścięcia nie zależy od tego, czy miało ono 100 lat, czy tylko 50 lat.*

Stwierdzenie prawdziwe. Niezależnie od wieku drzewa, zawartość węgla ^{14}C w chwili ścięcia jest taka sama, jak we wszystkich innych żywych tkankach, jak również w atmosferze.

2. *W 3000 roku zawartość izotopu w kawałku drewna z tego drzewa będzie mniejsza niż w 2100 roku.*

W ściętym drzewie nie ma już wymiany węgla z otoczeniem, natomiast cały czas zachodzi proces zaniku promieniotwórczego węgla ^{14}C i skutkiem tego ilość tego izotopu maleje. Stwierdzenie jest prawdziwe.

3. *W momencie ścięcia drzewa wszystkie atomy izotopu węgla są usuwane z jego organizmu.*

Stwierdzenie fałszywe. Ilość atomów węgla ^{14}C zmniejsza się stopniowo w wyniku procesu rozpadu promieniotwórczego i zanikanie atomów tego izotopu z drewna trwa bardzo długo, rzędu kilkunastu czasów połowicznego zaniku, który dla ^{14}C wynosi około 5700 lat.

Uczniowie pierwszych klas liceum ogólnokształcącego którzy rozwiązywali zadanie uzyskali podobne wyniki jak w poprzednim zadaniu. Około 41% wszystkich badanych wybrało poprawne odpowiedzi na wszystkie trzy punkty zadania. Stwierdzenie 3 zostało prawidłowo ocenione przez 74% uczniów. Stwierdzenia 1 i 2 oceniło poprawnie 67% badanych.

Słowa kluczowe

datowanie radiowęglowe | izotop | promieniowanie jądrowe

Zadanie 3

Historycy znaleźli dokument, w którym opisano, że w Krypcie Świętego Leonarda na Wawelu nie znajduje się ciało Tadeusza Kościuszki, lecz jest tam pochowany ktoś inny. Poniżej znajdują się wypowiedzi uczniów, którzy zastanawiali się, na ile metoda datowania izotopem może pomóc w identyfikacji szczątek.

Rozstrzygnij, którzy uczniowie mieli rację, a którzy nie.

Wypowiedź ucznia	**Czy uczeń ma**

	rację?
1. „Tą metodą można wykluczyć, że nie znajdują się tam szczątki osoby zmarłej w XX wieku”.	☐ Tak / ☐ Nie
2. „Metoda ta nie pozwoli odróżnić Tadeusza Kościuszki od innej osoby zmarłej w tym samym czasie”.	☐Tak / ☐ Nie
3. „Tą metodą można ustalić, ile lat miała w chwili śmierci osoba, której szczątki tam spoczywają i porównać z tym, co wiemy o Kościuszce”.	☐Tak / ☐ Nie

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. Tak., 2. Tak., 3. Nie.

Wymaganie ogólne

3 Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.
4 Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych).

Wymaganie szczegółowe

3.4 Fizyka jądrowa. Uczeń 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 14C

Komentarz

Wstęp teoretyczny do kometarza znajduje się po zadaniu nr 1.

Dalszy ciąg dotyczy tylko zadania nr 3:

W treści zadania przedstawiona jest dyskusja uczniów dotycząca przydatności metody datowania radiowęglowego do identyfikacji szczątków Tadeusza Kościuszki.

Oto 3 wypowiedzi uczniów wraz z próbą wyjaśnienia (przez autora komentarza):

1. *Tą metodą można wykluczyć, że nie znajdują się tam szczątki osoby zmarłej w XX wieku*.

Uczeń ma rację. Analizując ilość atomów węgla promieniotwórczego ^{14}C w szczątkach i porównując ją z ilością tego izotopu w atmosferze, można dokonać takiego wykluczenia, jeżeli wartości te różnią się o wartość większą niż 1%. Po 5700 latach ilość atomów ^{14}C zmniejsza się o 50%, zatem po 100 latach ubytek będzie nieco mniejszy niż 1% (50/57). Jest to wartość przybliżona, gdyż ubytek atomów ^{14}C nie odbywa się w sposób proporcjonalny (na początku jest dużo szybszy niż później). Jednak z całą pewnością można wykluczyć młody wiek (stosunkowo) szczątków, jeśli powyższa różnica jest duża.

2. *Metoda ta nie pozwoli odróżnić Tadeusza Kościuszki od innej osoby zmarłej w tym samym czasie.*

Tutaj również trzeba przyznać rację uczniowi. Metoda datowania radiowęglowego pozwala jedynie oszacować czas, jaki upłynął od śmierci człowieka do chwili obecnej. Nie można wyciągać żadnych innych przypuszczeń co do identyfikacji danej osoby.

3. *Tą metodą można ustalić, ile lat miała w chwili śmierci osoba, której szczątki tam spoczywają i porównać z tym, co wiemy o Kościuszce.*

Uczeń nie ma racji. Niezależnie od wieku, zawartość węgla ^{14}C w organizmie żywej osoby jest taka sama i zbliżona do zawartości w atmosferze. Dopiero po śmierci, kiedy ustaje wymiana węgla z otoczeniem, ilość węgla promieniotwórczego zmniejsza się. Zatem tą metodą nie można ustalić wieku człowieka w chwili jego śmierci.

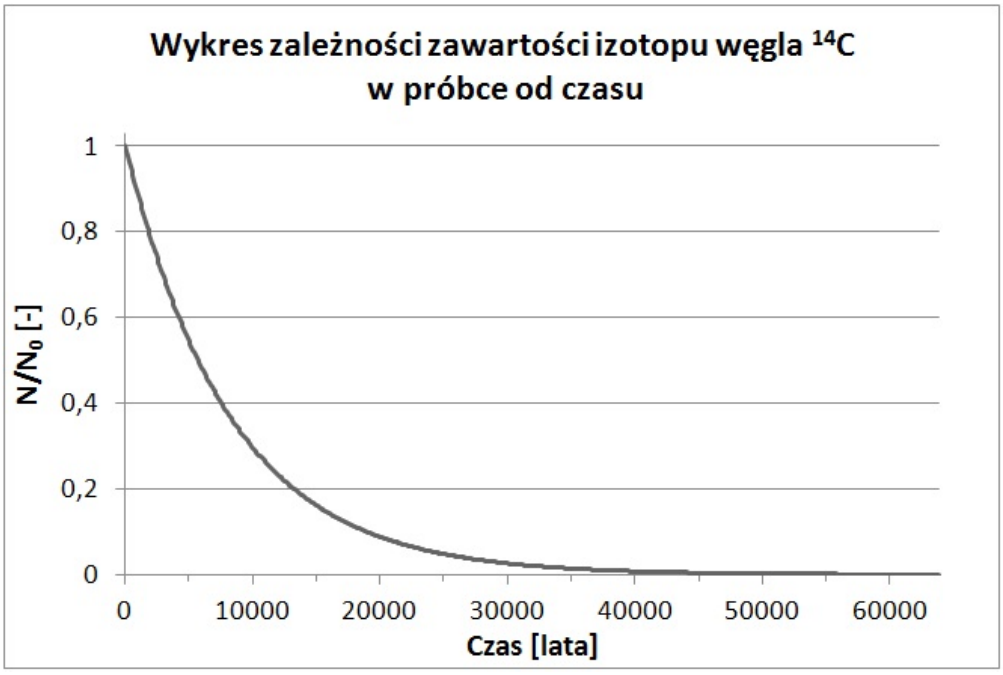
Wyniki tego zadania były najsłabsze spośród wszystkich czterech zadań tej wiązki. Rozwiązało je poprawnie zaledwie 27% badanych. Zaskakujące było wskazanie przez większość uczniów prawdziwości stwierdzenia 3, zakładającego, że tą metodą można ustalić wiek osoby w chwili śmierci. Zaledwie 45% zaprzeczyło (i słusznie) temu stwierdzeniu. Można przypuszczać, że licealiści posiadają wiedzę, że metoda datowania radiowego określa wiek próbek, natomiast nie rozumieją, co w tym wypadku kryje się pod pojęciem „wiek". Wybory uczniów dla stwierdzenia 1 i 2 były bardziej trafne. Po 67% badanych zgodziło się z tymi poprawnymi wypowiedziami.

Słowa kluczowe

datowanie radiowęglowe | izotop | promieniowanie jądrowe

Zadanie 4

Datowanie radiowęglowe polega na określaniu wieku badanej substancji na podstawie zawartości izotopu ^{14}C w próbce. Uczniowie dowiedzieli się, że tą metodą nie można określić wieku szczątków dinozaurów, które wyginęły około 66 mln lat temu.



Uczniowie dyskutowali, dlaczego za pomocą tej metody nie można było określić wieku szczątków dinozaurów. Rozstrzygnij, które spośród wypowiedzianych stwierdzeń są poprawne.

Stwierdzenie	Poprawne?

1. Zawartość ^{14}C w badanym materiale jest zbliżona do zawartości tego izotopu w atmosferze. ☐ Tak / ☐ Nie

2. Metodę można stosować wyłącznie do określania wieku przedmiotów wytworzonych przez człowieka. ☐Tak / ☐Nie

3. Od wymarcia dinozaurów upłynął czas wielokrotnie dłuższy od czasu połowicznego rozpadu izotopu ^{14}C. ☐ Tak / ☐ Nie

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. Nie., 2.Nie., 3.Tak.

Wymaganie ogólne

3 Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.
4 Posługiwanie się informacjami pochodzącymi z analizy przeczytanych tekstów (w tym popularno-naukowych).

Wymaganie szczegółowe

3.4 Fizyka jądrowa. Uczeń 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 14C

Komentarz

Wstęp teoretyczny do kometarza znajduje się po zadaniu nr 1.

Dalszy ciąg dotyczy tylko zadania nr 4:

W treści zadania przedstawiona jest dyskusja uczniów dotycząca przydatności metody datowania radiowęglowego do określenia wieku szczątków dinozaurów (żyjących 66 mln lat temu).

Należało ocenić poprawność 3 przytoczonych niżej stwierdzeń:

1. *Zawartość ^{14}C w badanym materiale jest zbliżona do zawartości tego izotopu w atmosferze.*

Stwierdzenie błędne. Zawartość izotopu promieniotwórczego węgla w materiale organicznym jest zbliżona do zawartości tego izotopu w atmosferze tylko wtedy, gdy badany materiał pochodzi od żyjącej istoty. Wtedy ma miejsce ciągła wymiana węgla między organizmem a atmosferą. Z chwilą zatrzymania procesów życiowych organizmu ustaje wymiana węgla z otoczeniem. Śladowe atomy radioaktywnego węgla ^{14}C ulegają rozpadowi promieniotwórczemu i ich zawartość zmniejsza się o połowę po upływie około 5700 lat (czas połowicznego zaniku izotopu węgla ^{14}C). Po 66 milionach lat próbka praktycznie nie zawiera już izotopu węgla ^{14}C.

2. *Metodę można stosować wyłącznie do określania wieku przedmiotów wytworzonych przez człowieka.*

Nieprawda. Metodę można stosować wyłącznie do określania wieku materiału pochodzenia organicznego czyli szczątków roślinnych i zwierzęcych. Z niektórych materiałów pochodzenia organicznego, np. kości, rogów czy drewna, ludzie mogą wykonywać przedmioty, ale stosowanie metody datowania radiowęglowego nie ogranicza się tylko do takich obiektów.

3. *Od wymarcia dinozaurów upłynął czas wielokrotnie dłuższy od czasu połowicznego rozpadu izotopu ^{14}C.*

Stwierdzenie poprawne. Czas, jaki upłynął od wymarcia dinozaurów (66 mln lat) jest wielokrotnie dłuższy od czasu połowicznego zaniku izotopu węgla ^{14}C (równego w przybliżeniu 5700 lat) – ponad 11 000 razy dłuższy. Liczba atomów nierozpadniętego węgla ^{14}C w szczątkach dinozaurów jest równa zero (wynosi dokładnie 2^{-11000}). Zatem metoda datowania radiowęglowego nie nadaje się do określania wieku szczątków dinozaurów.

Poprawną odpowiedź w tej części zadania można również wydedukować, analizując wykres zaniku promieniotwórczego węgla ^{14}C dołączony do tekstu zadania. Widać, że metoda ma sens jedynie dla próbek młodszych niż 40 000 lat – po tym czasie zawartość izotopu ^{14}C jest bardzo bliska zeru. Zatem dla szczątków dinozaurów liczących kilkadziesiąt milionów lat metoda ta nie jest odpowiednia.

Powyższe zadanie zostało wykorzystane w badaniu przeprowadzonym w klasach licealnych. 53% uczestników poprawnie oceniło wszystkie trzy stwierdzenia. Najłatwiejsze do oceny (87% poprawnych odpowiedzi) okazało się stwierdzenie 3. Większość badanych potwierdziło bezużyteczność metody dla bardzo starych próbek (dinozaurów).Zdecydowana większość (82%) badanych prawidłowo oceniło stwierdzenie 2 o wyłączności stosowania metody do przedmiotów wytworzonych przez człowieka, co było wyborem prawidłowym. Najtrudniejszy okazał się punkt pierwszy - 70% badanych poprawnie wywnioskowało, że zawartość węgla ^{14}C w badanej próbce jest różna od zawartości tego izotopu w atmosferze.

Słowa kluczowe datowanie radiowęglowe | izotop | promieniowanie jądrowe

Licznik Geigera-Müllera

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Sprawdzian

Zadanie

Licznik Geigera-Müllera został zaprojektowany w celu wykrywania cząstek α *(alfa)*, jednak reaguje on również na cząstki β (*beta)*, na promieniowanie *γ (gamma)*, promieniowanie rentgenowskie, a nawet na wysokoenergetyczne fotony światła widzialnego. Każdy z powyższych rodzajów promieniowania powoduje powstanie w liczniku sygnału elektrycznego. Urządzenie nie pozwala jednak na ustalenie, jaki rodzaj promieniowania wygenerował ten sygnał.

W pewnym laboratorium badano próbkę materiału, wykazującą właściwości promieniotwórcze. Zanim poddano materiał testom, określono poziom sygnału z licznika Geigera-Müllera w pomieszczeniu. Następnie przyniesiono próbkę i zbliżono do licznika. Stwierdzono wówczas, że sygnał uległ wzmocnieniu. Okazało się jednak, że sygnał powracał do wartości początkowej zawsze, gdy pomiędzy próbką a licznikiem umieszczano kartkę papieru. Na podstawie obserwacji można stwierdzić, że mogło to być promieniowanie:

Rodzaj promieniowania	Tak / Nie
1. Alfa	☐Tak / ☐ Nie
2. Beta	☐Tak / ☐Nie
3. Gamma	☐Tak / ☐Nie

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. T, 2. N, 3. N

Wymaganie ogólne

3 Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.

Wymaganie szczegółowe

3.3 Fizyka jądrowa. Uczeń wymienia właściwości promieniowania jądrowego ?, ?, ? opisuje rozpady alfa, beta (wiadomości o neutrinach nie są wymagane), sposób powstawania promieniowania gamma posługuje się pojęciem jądra stabilnego i niestabilnego

Komentarz

Zadanie sprawdza umiejętność analizy tekstu i wnioskowania na jego podstawie z wykorzystaniem nabytej wiedzy z zakresu fizyki jądrowej.

W zadaniu opisany jest licznik Geigera-Müllera, służący do wykrywania promieniowania elektromagnetycznego i będący wyposażeniem wielu szkolnych pracowni fizycznych Pytanie postawione w zadaniu dotyczy trzech podstawowych rodzajów promieniowania jądrowego: *a*, *b*, *g*, (alfa, beta, gamma). Są to odpowiednio jądra helu o ładunku 2 protonów (promieniowanie *a)* wiązki elektronów (promieniowanie *b*) i wysokoenergetyczne wiązki fotonów (promieniowanie *g*). Dwa ostatnie niosą ze sobą bardzo dużą energię i przez to są bardziej przenikliwe i trzeba użyć ołowianych osłon aby je zatrzymać. Natomiast promieniowanie alfa, najmniej energetyczne, może być skutecznie hamowane przez cienką folię lub kartkę papieru. Z treści zadania wynika, że materiał promieniotwórczy emitował promieniowanie alfa, gdyż wystarczyła kartka papieru aby je zablokować. Nie mogły to być żadne z pozostałych wysokoenergetycznych cząstek, gdyż obydwie wiązki przenikają przez kartkę papieru.

Zadanie wykorzystano w badaniu próbnym, w którym uczestniczyli uczniowie klas drugich liceum ogólnokształcącego. Całe zadanie zostało prawidłowo rozwiązane przez 51% badanych. Poszczególne punkty przedstawiały się następująco:

1. Niecałe ¾ uczniów (74%) poprawnie wywnioskowało, że materiał emituje promieniowanie alfa, które jest zatrzymywane przez kartkę papieru.

2. Około 68% badanych zaprzeczyło, jakoby badany materiał wysyłał promieniowanie beta.

3. Prawie 69% uczniów poprawnie wywnioskowało, że nie jest to materiał gamma promieniotwórczy.

Zważywszy, że wszystkie trzy podpunkty wymagały wyboru jednej opcji z dwóch podanych, wyniki wskazują na wysoką szansę losowego trafienia. Zatem, można wnioskować, że uczniowie liceum ogólnokształcącego nie posiadają szerokiej wiedzy z promieniotwórczości i istnieje potrzeba jej pogłębienia na lekcjach fizyki. Praktycznie każdy zetknie się w życiu z badaniami radiologicznymi (np. prześwietlenie rentgenowskie) i wiedza o potrzebie ochrony radiologicznej może się przydać.

Słowa kluczowe

licznik Geigera-Müllera | promieniowanie jądrowe

Gwiazdozbiór Oriona

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji

Zadanie

W czasie ferii zimowych Marek obserwował rozgwieżdżone niebo. Pokazał na nim koleżance planetę Mars i charakterystyczny gwiazdozbiór Oriona. Rok później spacerował w tym samym miejscu o tej samej godzinie. Bez trudu znalazł Oriona, który był na swoim miejscu. Nie mógł jednak znaleźć na niebie Marsa, chociaż niebo było bezchmurne.

Które z podanych niżej prawdziwych stwierdzeń na temat Marsa pozwalają wyjaśnić, dlaczego Orion był widoczny w tym samym miejscu, a Marsa nie można było znaleźć?

Stwierdzenie	*Wyjaśnia?*
1. Masa Marsa różni się od masy Ziemi.	☐Tak / ☐Nie
2. Okresy obiegu Marsa i Ziemi wokół Słońca są różne.	☐ Tak / ☐Nie
3. Mars jest planetą, a Orion gwiazdozbiorem.	☐Tak/ ☐Nie
4. Mars jest jaśniejszy od gwiazd tworzących gwiazdozbiór Oriona.	☐ Tak / ☐Nie

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania
Poprawna odpowiedź

1 – Nie

2 – Tak

3 – Tak

4 – Nie

Wymaganie ogólne

3 Wskazywanie w otaczającej rzeczywistości przykładów zjawisk opisywanych za pomocą poznanych praw i zależności fizycznych.

Wymaganie szczegółowe

1.7 Grawitacja i elementy astronomii. Uczeń wyjaśnia, dlaczego planety widziane z Ziemi przesuwają się na tle gwiazd

Komentarz

Fakt, że planety przesuwają się na tle gwiazd, był znany już od starożytności: ówcześni astronomowie na podstawie wieloletnich obserwacji byli w stanie bardzo precyzyjnie przewidzieć położenie planet na tle gwiazdozbiorów, nie znając prawdziwego powodu, dla którego położenie to nie jest stałe. Zjawisko zostało wyjaśnione w sposób przekonujący dopiero, gdy został obalony geocentryczny model budowy Układu Słonecznego. Gdy okazało się, że każda z planet okrąża Słońce, przy czym okresy ich obiegu

wokół Słońca są różne, łatwo było sobie wyobrazić, że obserwator na Ziemi widzi skutki tego ruchu jako zmianę położenia planet na tle gwiazd.

Prezentowane zadanie sprawdza umiejętność interpretowania obserwacji astronomicznych na podstawie wiedzy na temat różnic pomiędzy planetą a gwiazdą. Aby je poprawnie rozwiązać, w zasadzie wystarczy wiedzieć tylko tyle, że Mars jest planetą (co zostało podane w treści zadania) oraz że okres obiegu Marsa wokół Słońca jest różny od ziemskiego roku. Połączenie tych dwóch faktów wyjaśnia, dlaczego po upływie dokładnie roku Marek nie znalazł Marsa ani na tle gwiazdozbioru Oriona, ani w innym miejscu nocnego nieba. Orion znalazł się na swoim poprzednim miejscu ze względu na fakt, iż Ziemia okrąża Słońce w ciągu roku i co roku obserwujemy na niebie te same gwiazdozbiory. Z kolei Mars przesunął się na tle gwiazdozbiorów tak bardzo, że nie jest widoczny o tej konkretnej godzinie (o ile w ogóle jest widoczny na niebie nocnym).

W badaniu pilotażowym zadanie to zostało poprawnie rozwiązane przez 53% rozwiązujących je uczniów. Najłatwiejsze do oceny okazały się stwierdzenia drugie i czwarte. Aż 95% uczniów odpowiedziało poprawnie, że wyjaśnieniem zaobserwowanego braku Marsa na tle gwiazdozbioru Oriona była różnica pomiędzy długością okresu obiegu Marsa a okresu obiegu Ziemi. Aby udzielić prawidłowej odpowiedzi, wystarczy jedynie prześledzić zamieszczony powyżej tok rozumowania i wyobrazić sobie wzajemne położenie Ziemi i Marsa względem Słońca oraz gwiazd w chwili pierwszej obserwacji i po upływie roku.

Niewiele mniej, bo 91% uczniów słusznie uznało, że stwierdzenie „Mars jest jaśniejszy od gwiazd tworzących gwiazdozbiór Oriona" nie wyjaśnia obserwowanego zjawiska. Można byłoby „przegapić" planetę, gdyby znajdowała się w tym samym miejscu co poprzednio, lecz miała mniejszą jasność niż sąsiednie obiekty, ale nie w sytuacji opisanej w zadaniu.

Nieco więcej wątpliwości wzbudziło stwierdzenie pierwsze: 84% uczniów odpowiedziało poprawnie, że różnica pomiędzy masą Marsa a masą Ziemi również nie stanowi wyjaśnienia. Można przypuszczać, że nie jest to dla uczniów do końca oczywiste, ponieważ najpierw trzeba całościowo przeanalizować ruch planety po orbicie kołowej pod wpływem siły grawitacji, aby dojść do wniosku, że masa planety nie ma wpływu na okres jej obiegu wokół Słońca.

Najbardziej kłopotliwe okazało się stwierdzenie trzecie. W tym przypadku już tylko 67% uczniów poprawnie oceniło, że stwierdzenie „Mars jest planetą, a Orion gwiazdozbiorem" wyjaśnia, dlaczego nie obserwujemy Marsa w jego położeniu sprzed roku. Analizując to stwierdzenie, podobnie jak w stwierdzeniu drugim należało sobie wyobrazić wzajemne położenie obserwowanych obiektów, aby rozstrzygnąć, czy stwierdzenie wyjaśnia brak Marsa na niebie.

Uzyskany wynik wskazuje na to, że uczniowie mieli problem z całościowym zrozumieniem przyczyn pozornej wędrówki Marsa po niebie. Nawet jeśli niektóre ze stwierdzeń okazywały się bardzo łatwe do oceny, to wielu uczniów udzielało niepoprawnej odpowiedzi na pozostałe. Warto zatem poświęcić nieco czasu na dokładne omówienie budowy Układu Słonecznego i wyjaśnienie wpływu tej budowy na możliwość prowadzenia obserwacji planet i innych obiektów astronomicznych.

Słowa kluczowe
gwiazdozbiór | okres obiegu | planeta

Izotopy helu

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Sprawdzian

Zadanie

Basia dowiedziała się, że w przyrodzie występują dwa trwałe izotopy helu ($^{3}_{2}He$, $^{4}_{2}He$) oraz kilka nietrwałych, otrzymywanych sztucznie. Zastanawiała się, czy może istnieć izotop helu $^{1}_{2}He$. Zapytała o to nauczyciela fizyki, który powiedział, że nie jest to możliwe.

Które z poniższych stwierdzeń uzasadniają, że nie może istnieć taki izotop helu? Wstaw znak X w odpowiednim miejscu tabeli.

	Stwierdzenie	**Tak czy nie?**
1.	W dowolnym izotopie helu suma liczby protonów i liczby neutronów musi wynosić cztery.	☐Tak / ☐Nie
2.	Liczba masowa nie może być mniejsza od liczby atomowej.	☐ Tak / ☐Nie
3.	Liczba protonów w jądrze nie może być większa od liczby neutronów.	☐ Tak / ☐Nie

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. NIE

2. TAK

3. NIE

Wymaganie ogólne

1 Wykorzystanie wielkości fizycznych do opisu poznanych zjawisk lub rozwiązania prostych zadań obliczeniowych.

Wymaganie szczegółowe

3.1 Fizyka jądrowa. Uczeń posługuje się pojęciami pierwiastek, jądro atomowe, izotop, proton, neutron, elektron podaje skład jądra atomowego na podstawie liczby masowej i atomowej
3.10 Fizyka jądrowa. Uczeń opisuje działanie elektrowni atomowej oraz wymienia korzyści i zagrożenia płynące z energetyki jądrowej

Komentarz

W przyrodzie mogą występować różne warianty jądra atomowego danego pierwiastka chemicznego, nazywane izotopami. Izotopy różnią się jedynie liczbą neutronów. Liczba protonów jest w ich przypadku taka sama, bo to ona decyduje o własnościach fizyko-chemicznych danego jądra, a zatem o zakwalifikowaniu go jako konkretny pierwiastek chemiczny. Liczba protonów w jądrze nazywana jest liczbą atomową, a sumaryczna liczba protonów i neutronów – liczbą masową. Spotyka się izotopy (stabilne lub niestabilne) o różnym stosunku liczby protonów do liczby neutronów. Wprawdzie w większości przypadków mamy do czynienia z jądrami, w których jest nieco więcej neutronów niż protonów, znane są jednak stabilne jądra, dla których liczba neutronów jest mniejsza lub równa liczbie

protonów. W przypadku wodoru jądro może być zbudowane z pojedynczego protonu, a izotopy wodoru zawierające neutron lub dwa neutrony spotykane są w przyrodzie wyjątkowo rzadko.

Prezentowane zadanie sprawdza, na ile uczniowie, opierając się na posiadanej wiedzy, są w stanie podać argumentację wyjaśniającą, dlaczego nie istnieje izotop o symbolu . Z zapisu tego wynika, że byłby to izotop helu o liczbie atomowej równej dwa, ale liczbie masowej równej jeden. Jakkolwiek liczba atomowa jest dla tego pierwiastka podana poprawnie (dwa protony), to liczba masowa nie odpowiada żadnej sytuacji, jaką moglibyśmy sobie wyobrazić. Jej wartość równa jeden oznaczałaby, że dwa protony i ewentualny neutron (lub kilka neutronów) ważą razem tyle samo, co jeden proton. Oczywiście taka sytuacja jest z punktu widzenia fizyki niemożliwa.

W badaniu pilotażowym zadanie zostało poprawnie rozwiązane przez 53% uczniów pierwszych klas liceów ogólnokształcących. Najwięcej problemów sprawiło uczniom stwierdzenie trzecie. Aż 39% uczniów udzieliło w tym wierszu niepoprawnej odpowiedzi, uważając, że izotop nie może istnieć, ponieważ liczba protonów w jądrze nie może być większa od liczby neutronów. Najwyraźniej błędnie zinterpretowali oni cyfrę „1” w symbolu jako liczbę neutronów. Warto zauważyć tutaj, że jądro helu zawierające jeden neutron istnieje, jest stabilne i jest to właśnie jeden z izotopów opisanych we wstępie do zadania.

Najmniej problematyczne okazało się stwierdzenie pierwsze. Aż 88% uczniów odpowiedziało poprawnie, że w dowolnym izotopie helu suma liczby protonów i liczby neutronów wcale nie musi wynosić cztery. Nieco trudniejsze okazało się stwierdzenie drugie. W tym przypadku 79% uczniów odpowiedziało poprawnie, że liczba masowa nie może być mniejsza od liczby atomowej.

Wyniki uzyskane dla tego zadania wskazują na fakt, że uczniowie mają problem z rozumieniem pojęć odnoszących się do budowy jądra atomowego oraz z powiązaniem tych pojęć z symbolami oznaczającymi poszczególne izotopy. Warto zatem poświęcić tym zagadnieniom nieco czasu na lekcji i przetrenować z uczniami sprawne posługiwanie się symboliką stosowaną w fizyce jądrowej.

Słowa kluczowe

izotop | liczba atomowa | liczba masowa

Zegarek i licznik Geigera-Müllera

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji

Zadanie

Na kółku fizycznym Michał badał za pomocą licznika Geigera-Müllera promieniowanie emitowane przez różne przedmioty. Zauważył, że licznik wskazuje pewien poziom promieniowania gdy sonda znajdowała się w powietrzu w pokoju, gdy zbliżał ją do szklanki z mlekiem, kamienia, a nawet do kolegi. Wskazanie licznika bardzo wzrosło, po zbliżeniu sondy do świecącego w ciemności zegarka, który Michał otrzymał od dziadka.

Uczniowie dyskutowali na temat wyniku przeprowadzonego doświadczenia. Rozstrzygnij, które z wypowiedzianych przez nich stwierdzeń są poprawne z punktu widzenia fizyki.

	Stwierdzenie	Czy jest poprawne?
1.	„W pobliżu miejsca, w którym przeprowadzano doświadczenie musiało dojść do awarii elektrowni jądrowej”	☐Tak / ☐Nie
2.	„Izotopy promieniotwórcze występują naturalnie w naszym otoczeniu”	☐ Tak / ☐Nie
3.	„Powinniśmy się niepokoić, bo żywność nie powinna emitować żadnego promieniowania”	☐ Tak / ☐Nie
4.	„Warto dokładniej przebadać zegarek, by sprawdzić, czy jego promieniowanie spełnia dopuszczalne normy.”	☐ Tak / ☐Nie

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. Nie,

2. Tak,

3. Nie,

4. Tak

Wymaganie ogólne

2 Przeprowadzanie doświadczeń i wyciąganie wniosków z otrzymanych wyników.

Wymaganie szczegółowe

3.6 Fizyka jądrowa. Uczeń opisuje wybrany sposób wykrywania promieniowania jonizującego
3.7 Fizyka jądrowa. Uczeń wyjaśnia wpływ promieniowania jądrowego na materię oraz na organizmy

Komentarz

Licznik Geigera-Müllera jest urządzeniem służącym do detekcji promieniowania jądrowego: zarówno cząstek a, b jak i promieniowania g. Wyżej wymienione rodzaje promieniowania wywołują jonizację gazu, wypełniającego licznik. Powstające w trakcie procesu jonizacji elektrony są następnie zbierane przez anodę i przetwarzane na impuls elektryczny. Taka konstrukcja urządzenia powoduje, że reaguje ono na każdy czynnik, który prowadzi do bezpośredniej jonizacji gazu, jak na przykład promieniowanie rentgenowskie czy promieniowanie UV.

Licznik Geigera-Müllera rejestruje zazwyczaj pewien minimalny poziom promieniowania, ze względu na fakt istnienia promieniotwórczości naturalnej oraz z powodu jego czułości na wysokoenergetyczne kwanty, pochodzące na przykład ze świetlówek czy innych urządzeń elektrycznych. Dlatego zawsze przed przystąpieniem do pomiarów określa się poziom wskazań licznika w danym pomieszczeniu, czyli tak zwane tło promieniowania. Badany przedmiot możemy uznać za promieniotwórczy jedynie wtedy, gdy powoduje on wzrost wskazań licznika powyżej ustalonego dla danego pomieszczenia tła.

Prezentowane zadanie sprawdza umiejętność wyciągania wniosków z przeprowadzonego doświadczenia. Znając wyniki pomiarów dokonanych przy pomocy licznika Geigera-Müllera, uczeń ma rozstrzygnąć o prawdziwości stwierdzeń zestawionych w tabeli. Zgodnie z podanymi we wstępie informacjami, Michał zarejestrował pewien poziom promieniowania w pomieszczeniu oraz przy zbliżaniu sondy do różnych przedmiotów i kolegi. Jedynie w przypadku świecącego w ciemności zegarka wskazanie licznika było wyraźnie wyższe niż w przypadku pozostałych badanych przedmiotów. I tylko w tym przypadku można uznać sytuację za nietypową i będącą podstawą do jakichkolwiek obaw.

Zadanie było badane na grupie 226 uczniów ze szkół ponadgimnazjalnych. Pierwsze stwierdzenie prawidłowo oceniło 83,6% uczniów, odpowiadając przecząco na postawione pytanie. Fakt, że przedmioty wokół nas promieniują wcale nie oznacza, że doszło do skażenia środowiska na skutek awarii elektrowni jądrowej. Prawdopodobieństwo takiego zdarzenia jest wyjątkowo niskie, zwłaszcza, że w Polsce nie posiadamy elektrowni jądrowych. Promieniowanie rejestrowane przez Michała powstaje w wyniku rozpadu naturalnych izotopów niestabilnych, znajdujących się w środowisku. Zatem z punktu widzenia fizyki wcale nie musiało dojść do awarii – rejestrowane promieniowanie mogło być po prostu promieniowaniem tła.

Stwierdzenie drugie prawidłowo oceniło aż 86,7 % uczniów, udzielając odpowiedzi twierdzącej. Nie wydaje się zatem, aby uczniowie mieli problemy ze zrozumieniem faktu, że otaczające nas przedmioty mogą być potencjalnym źródłem naturalnej promieniotwórczości. Większość uczniów nie wiąże również tego typu aktywności promieniotwórczej ze skażeniem środowiska na skutek awarii elektrowni jądrowych.

Nieco więcej trudności przysporzyły uczniom dwa kolejne stwierdzenia. W przypadku stwierdzenia trzeciego, prawidłowej odpowiedzi udzieliło 69% uczniów. Z pewnością znalezienie właściwej odpowiedzi na pytanie, czy żywność może emitować jakieś promieniowanie okazało się zadaniem niebagatelnym. Przywykliśmy bowiem sądzić, że w produktach spożywczych nie zachodzą procesy prowadzące do emisji promieniowania jądrowego. Należy jednak uświadomić sobie, że produkty te są substancjami organicznymi.

Wszystkie substancje organiczne zawierają w swoim składzie węgiel, który oprócz dwóch izotopów stabilnych posiada również izotop niestabilny, pobierany ze środowiska i asymilowany w tkankach w trakcie życia organizmu. Również niektóre mikroelementy niezbędne do prawidłowego funkcjonowania żywych organizmów posiadają niestabilne izotopy, nierozróżnialne pod względem właściwości chemicznych od izotopów stabilnych. Zarówno w trakcie życia jak i po śmierci organizmu, izotopy te rozpadają się, emitując promieniowanie jądrowe, co nie jest żadnym powodem do niepokoju.

Podobne wyniki jak w przypadku stwierdzenia trzeciego uzyskano dla ostatniego ze stwierdzeń. Prawidłowo oceniło je 70,8%. Zapewne problem z oceną prawdziwości czwartego stwierdzenia wynikał z faktu, że dotyczyło on „zegarka świecącego w ciemności", a więc emitującego światło widzialne. Takie światło samo w sobie nie stanowi żadnego zagrożenia dla człowieka, jednak w treści zadania jest podana informacja, że wskazanie licznika bardzo wzrosło po zbliżeniu sondy do zegarka.

Trudno przypisać nagły wzrost sygnału jedynie emisji światła widzialnego, do tego niezbyt intensywnego w porównaniu ze światłem słonecznym lub pochodzącym ze źródeł sztucznych. Raczej należy się spodziewać, że fosforescencji zegarka towarzyszy jeszcze jakieś inne zjawisko, prowadzące do wzrostu wskazań licznika. Bez dodatkowych informacji trudno wnioskować o naturze tego zjawiska i dlatego warto zbadać zegarek dokładniej, aby się upewnić, czy nie stanowi zagrożenia dla osoby, która go używa.

Całość zadania poprawnie rozwiązało 44,7% osób biorących udział w badaniu, co wskazuje na problemy uczniów z prawidłową interpretacją pomiarów wykonanych przy pomocy licznika Geigera-Müllera. Źródłem tych problemów może być brak zrozumienia elementarnych zjawisk z dziedziny promieniotwórczości, dlatego warto wykorzystać to zadanie jako wprowadzenie do lekcji poświęconej promieniowaniu jądrowemu oraz jego właściwościom. Można również poświęcić mu nieco czasu przy okazji omawiania budowy i działania detektorów promieniowania jonizującego.

Słowa kluczowe

detekcja promieniowania jonizującego | promieniowanie jądrowe

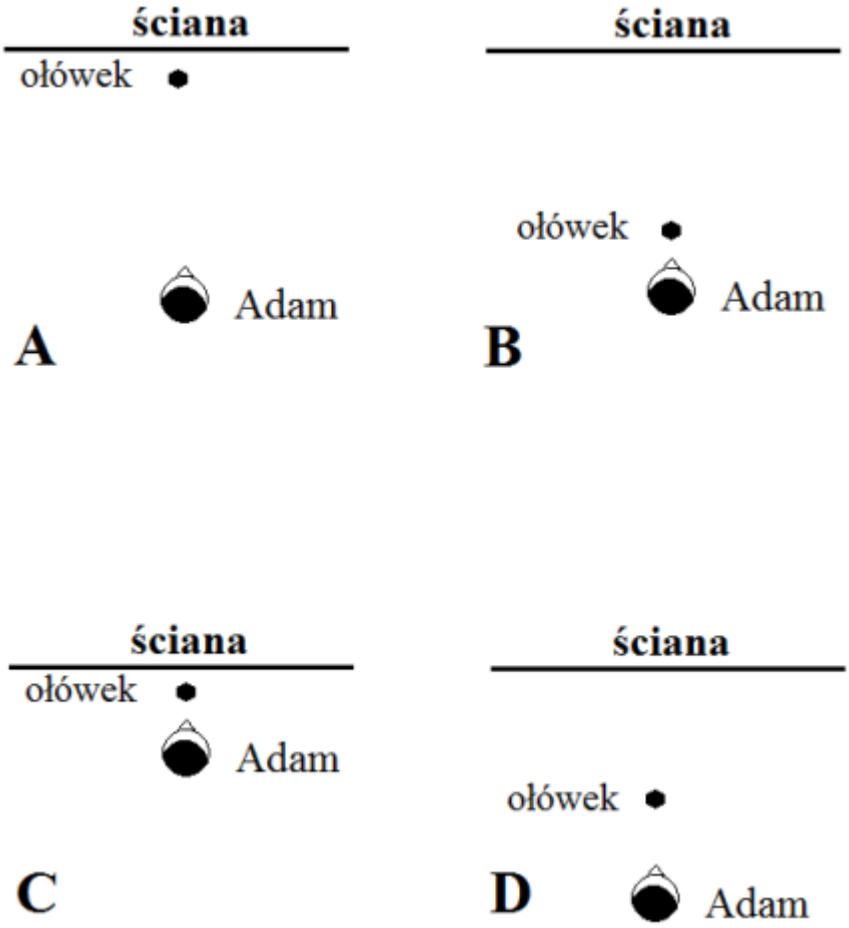
Paralaksa

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji

Zadanie

Adam wykonał bardzo proste doświadczenie: koleżanka trzymała na wprost przed Adamem ołówek, a on spojrzał na niego raz lewym, a raz prawym okiem. Chłopiec zaobserwował, że na tle ściany ołówek znajdował się w dwóch różnych miejscach. Na poniższym rysunku zostały przedstawione miejsca, w których znajdowały się Adam i ołówek względem ściany.

W której sytuacji (A-D) Adam zauważy największą zmianę położenia ołówka przy obserwacji raz prawym, a raz lewym okiem? Zaznacz prawidłową odpowiedź.



Adam zauważy największą zmianę położenia ołówka w przypadku przedstawionym na rysunku:

☐A.

☐B.

☐C.

☐D.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

B

Wymaganie ogólne

Wymaganie szczegółowe

Komentarz

Ze zjawiskiem paralaksy spotykamy się nie tylko w astronomii, ale również w życiu codziennym. Na przykład jadąc pociągiem obserwujemy, że na tle odległego krajobrazu różne przedmioty (słupy, drzewa, budynki) przesuwają się z różną prędkością, w zależności od ich umiejscowienia pomiędzy obserwatorem a nieruchomym tłem. Między innymi możemy zauważyć, że słupy trakcyjne przesuwają się dosyć wyraźnie na tle odległych wzgórz lub lasów. Wynika z tego, że najszybciej zmieniają położenie obiekty znajdujące się najbliżej obserwatora (a najdalej od tła). Innymi słowy, dla tych obiektów obserwowana paralaksa jest największa.

Prezentowane zadanie sprawdza umiejętność przewidywania wyniku doświadczenia, polegającego na tym, że obserwator patrzy na ołówek raz jednym, raz drugim okiem, przy kilku różnych kombinacjach odległości ołówka od obserwatora i obserwatora od ściany. Zadaniem ucznia jest wskazanie sytuacji, w której zaobserwujemy największą zmianę położenia ołówka na tle ściany. Tak naprawdę zadanie można rozwiązać bez znajomości pojęcia paralaksy. Wystarczy na każdym rysunku narysować prostą oko-ołówek, a następnie przedłużyć tę prostą do ściany, po czym powtórzyć tę czynność dla drugiego oka. Oczywiście nic nie stoi na przeszkodzie, aby uczeń sam wykonał opisane doświadczenie. Największą zmianę położenia ołówka zaobserwujemy w sytuacji, w której odległość między przecięciami prostych ze ścianą będzie największa. W tym przypadku będzie to rysunek B.

W badaniu zadanie zostało poprawnie rozwiązane przez 49,8% uczniów pierwszych klas liceów. Nieco mniej popularne były odpowiedzi A i C (po około 20%), a najrzadziej była wybierana odpowiedź D (9,7%). Prawdopodobnie znaczna część badanych osób zaznaczała odpowiedź losowo. Warto tutaj zauważyć, że preferowane były odpowiedzi z początku listy, co doprowadziło do pewnego paradoksu: rysunek D był wybierany najrzadziej, chociaż to właśnie w tej sytuacji zaobserwujemy większą zmianę położenia ołówka niż w sytuacjach przedstawionych na rysunkach A i C. Tak naprawdę trudno w tej sytuacji określić, ile z osób wybierających poprawną odpowiedź zrobiło to świadomie.

Ponieważ rozumienie pojęcia paralaksy jest niezbędne do opanowania niektórych zagadnień przewidzianych zapisami podstawy programowej, warto gruntownie wytłumaczyć uczniom znaczenie tego terminu oraz omówić konsekwencje zjawiska paralaksy na prostych przykładach z życia codziennego. Można wykorzystać prezentowane zadanie w celu wprowadzenia uczniów w temat, a następnie poprosić ich o wykonanie opisanego w zadaniu doświadczenia i porównać jego wynik z przewidywaniami uczniów. Z pewnością takie porównanie może stać się początkiem dyskusji ukierunkowanej na zagadnienia związane ściśle z astronomią.

Słowa kluczowe paralaksa

Stacja badawcza

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Sprawdzian

Zadanie

Wyobraź sobie stację badawczą krążącą wokół Słońca po orbicie o promieniu 10-krotnie większym od promienia orbity Ziemi. Gdybyśmy wykorzystali tę stację do wyznaczenia paralaksy pewnej gwiazdy, to

(1) obserwowany ze stacji kąt paralaksy byłby:

☐A. mniejszy niż,

☐B. większy niż,

☐C. taki sam jak,

(2) kąt paralaksy obserwowany z powierzchni Ziemi, ponieważ

☐A. zarówno stacja, jak i Ziemia krążyłyby wokół Słońca.

☐B. masa stacji badawczej byłaby mniejsza niż masa Ziemi.

☐C. promień orbity tej stacji byłby większy od promienia orbity Ziemi.

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. - B,

2. - C

Wymaganie ogólne

Wymaganie szczegółowe

Komentarz

Zadanie sprawdza rozumienie pojęcia paralaksy oraz umiejętność stosowania metody pomiaru odległości pomiędzy obserwatorem a najbliższymi gwiazdami, opartej na paralaksie rocznej. W metodzie tej wykorzystuje się fakt pozornego przesunięcia gwiazd bliskich na tle dalszych obiektów, związany z rocznym ruchem Ziemi wokół Słońca.

Jeśli zaobserwujemy gwiazdę w wybranym dniu roku, a następnie powtórzymy obserwację pół roku później (Ziemia w swoim ruchu orbitalnym znajdzie się wówczas po przeciwnej stronie Słońca), możemy stwierdzić zmianę położenia gwiazdy w stosunku do bardziej odległych gwiazd. Kierunek, pod jakim obserwowaliśmy gwiazdę w pierwszym położeniu Ziemi, utworzy pewien kąt z kierunkiem, pod jakim ją zaobserwujemy, gdy Ziemia znajdzie się po przeciwnej stronie Słońca. Kąt ten nazywamy kątem

paralaksy i zależy on od promienia orbity ciała, z którego dokonujemy obserwacji, oraz od odległości tego ciała od obserwowanej gwiazdy.

W sytuacji opisanej w zadaniu, kiedy zarówno Ziemia, jak i stacja badawcza krążą wokół Słońca, możemy uznać, że odległość obu tych ciał od obserwowanej gwiazdy jest praktycznie taka sama i jedyną wielkością, jaka ma wpływ na kąt paralaksy, jest promień orbity. Orbita stacji badawczej ma promień dziesięciokrotnie większy niż orbita Ziemi, zatem kąt paralaksy obserwowany ze stacji będzie większy niż kąt paralaksy obserwowany z Ziemi – w pierwszej części pytania uczeń powinien wybrać odpowiedź B. W drugiej części należy podać uzasadnienie dokonanego wyboru, dzięki czemu zmniejsza się prawdopodobieństwo, że uczeń rozwiąże zadanie, „strzelając". Jeśli uczeń w drugiej części wybrał C, to znaczy, że prawdopodobnie rozumie metodę paralaksy i że jego wybór w pierwszej części był świadomy.

Na podstawie wyników badania, w którym wzięli udział uczniowie pierwszych klas liceów, można wysnuć interesujący wniosek: uczniom łatwiej jest przyswoić teoretyczne założenia metody paralaksy rocznej, niż zastosować tę metodę w sytuacji praktycznej i przewidzieć efekt obserwacji prowadzonej z ciała znajdującego się w innej odległości od Słońca niż Ziemia.

Paradoksalnie, badani rozwiązywali słabiej pierwszą część zadania niż jego drugą część. Prawidłowej odpowiedzi w części pierwszej udzieliło 54% uczniów, przy czym nie ma wyraźnej korelacji pomiędzy wynikiem ucznia uzyskanym w całym teście a prawdopodobieństwem udzielenia poprawnej odpowiedzi na to konkretne pytanie – jedynie uczniowie uzyskujący najlepsze wyniki odpowiadali nieco lepiej niż pozostali. Natomiast w przypadku drugiej części pytania uczniowie zdolniejsi udzielali prawidłowej odpowiedzi częściej niż uczniowie słabsi – tę część poprawnie rozwiązało 64% badanych. Zadanie dosyć dobrze różnicuje uczniów, a obie jego części poprawnie rozwiązało 45% osób biorących udział w badaniu.

Słowa kluczowe
orbita | paralaksa

Rozszczepienie uranu

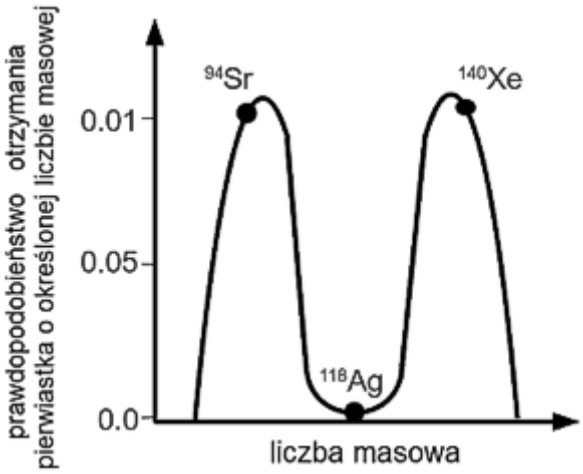
Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Sprawdzian

Zadanie

Uran ^{235}U jest stosowany powszechnie jako paliwo w elektrowniach atomowych. Po zbombardowaniu jądra uranu neutronem następuje wymuszone rozszczepienie powstałego jądra na dwa lżejsze fragmenty. Reakcji rozszczepienia towarzyszy emisja jednego lub kilku neutronów.

Ponieważ podział jądra jest procesem losowym, nie da się z góry przewidzieć liczby masowej powstających fragmentów. Teoretycznie mogą powstawać pierwiastki o dowolnych masach, mniejszych od masy uranu. Dokładne badania wykazały jednak, że niektóre pierwiastki powstają z wyraźnie wyższym prawdopodobieństwem niż pozostałe.

Poniżej znajduje się wykres prawdopodobieństwa otrzymania pierwiastków o określonej liczbie masowej w efekcie wymuszonego rozszczepienia izotopu ^{235}U.



Rys 1. Prawdopodobieństwo otrzymania pierwiastka o określonej liczbie masowej w wyniku wymuszonego rozszczepienia jądra uranu.

Rozstrzygnij, które z poniższych stwierdzeń na temat wymuszonego rozszczepienia jądra uranu są prawdziwe, a które fałszywe.

	Stwierdzenia	**Prawda czy fałsz?**
1.	Uran najczęściej rozpada się na dwa jądra o identycznych masach: ^{118}Ag + ^{118}Ag.	☐Prawda / ☐Fałsz
2.	Reakcja, w której powstaje ^{140}Xe, zachodzi dużo częściej niż reakcja, w której powstaje ^{94}Sr.	☐Prawda / ☐Fałsz
3.	Im większa liczba masowa pierwiastka, tym większe jest prawdopodobieństwo, że zostanie on wyprodukowany.	☐Prawda / ☐Fałsz

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1 - **Fałsz,**

2 - Fałsz,

3 - Fałsz

Wymaganie ogólne

Wymaganie szczegółowe

Komentarz

Zadanie sprawdza umiejętność interpretacji informacji przedstawionej za pomocą wykresu ukazującego prawdopodobieństwo otrzymania pierwiastka o określonej liczbie masowej w wyniku wymuszonego rozszczepienia uranu. Wykres poprzedzony został wstępem dotyczącym samej reakcji rozszczepienia oraz zawierającym kilka przydatnych informacji na temat produktów tej reakcji. Informacje te są o tyle istotne, że stanowią uzupełnienie rysunku i pomagają w jego prawidłowej interpretacji.

Zadaniem ucznia było rozstrzygnięcie, które ze stwierdzeń zestawionych w tabeli są prawdziwe, a które fałszywe. Z pewnością fałszywe jest stwierdzenie pierwsze, mówiące że

„uran najczęściej rozpada się na dwa jądra o identycznych masach: $^{118}Ag + {}^{118}Ag$”. Z wykresu możemy odczytać, że prawdopodobieństwo otrzymania izotopu ^{118}Ag jest niewiele wyższe od zera. Poprawnej oceny tego stwierdzenia dokonało 78% uczniów pierwszych klas liceów, którzy brali udział w badaniu.

Nieprawdziwe jest również stwierdzenie drugie, mówiące że „reakcja, w której powstaje ^{140}Xe, zachodzi dużo częściej niż reakcja, w której powstaje ^{94}Sr”. Z rysunku odczytujemy, że prawdopodobieństwo otrzymania tych izotopów jest praktycznie takie samo. Poprawnie oceniło to stwierdzenie aż 89% uczniów.

Także ostatnie stwierdzenie, mówiące, że „im większa liczba masowa pierwiastka, tym większe jest prawdopodobieństwo, że zostanie on wyprodukowany”, jest fałszywe. Aby było prawdziwe, prawdopodobieństwo wyprodukowania pierwiastka powinno rosnąć wraz z liczbą masową, co jest niezgodne z przebiegiem krzywej na wykresie. Ten wiersz okazał się dla uczniów najtrudniejszy. Poprawnie oceniło go 67% uczniów.

Całość zadania rozwiązało poprawnie 54% uczniów, przy czym okazało się ono relatywnie łatwe dla osób uzyskujących najwyższe wyniki w trakcie badania. W grupie uczniów najlepszych rozwiązało je poprawnie 90%. Dla uczniów najsłabszych było z kolei bardzo trudne (zaledwie 8%) poprawnych odpowiedzi. Wyniki badania wykazały, że zadanie wyjątkowo dobrze różnicuje uczniów.

Najprawdopodobniej główna trudność zadania polegała na tym, że prawdopodobieństwo otrzymania izotopu o danej liczbie masowej jest opisane skomplikowaną funkcją. Tymczasem na lekcjach fizyki preferuje się pracę z wykresami przedstawiającymi zależności liniowe (rzadziej kwadratowe) pomiędzy wielkościami fizycznymi. Warto wobec tego potrenować z uczniami interpretację wykresów nietypowych z punktu widzenia fizyki szkolnej.

Słowa kluczowe

reakcje jądrowe | rozszczepienie uranu

Rozszczepienie jądra atomowego

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji, Sprawdzian

Zadanie

W fizyce jądrowej występują dwa bliskoznaczne pojęcia: rozpad promieniotwórczy oraz rozszczepienie jądra atomowego.

Pod pojęciem rozpadu promieniotwórczego mamy zazwyczaj na myśli samorzutną emisję cząstek alfa lub beta z jądra atomowego. O wiele rzadziej za reakcję rozpadu uznaje się emisję promieniowania gamma przez jądro wzbudzone.

Rozszczepienie jądra atomowego to natomiast sytuacja, w której dochodzi do podziału jądra na kilka fragmentów, z których dwa są relatywnie duże i mają porównywalne masy. Pozostałe produkty rozszczepienia to lekkie cząstki, zazwyczaj neutrony. Taki proces zachodzi tylko w przypadku niektórych ciężkich jąder.

Na podstawie powyższego tekstu oceń, które z podanych prawdziwych reakcji są reakcjami rozszczepienia.

	Reakcja	Rozszczepienie?
1.	$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$	☐Tak / ☐Nie
2.	$^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{93}_{36}Kr + {}^{140}_{56}Ba + 3\,{}^{1}_{0}n$	☐Tak / ☐Nie
3.	$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{140}_{54}Xe + {}^{94}_{38}Sr + 2\,{}^{1}_{0}n$	☐Tak / ☐Nie

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1 - NIE,

2 - TAK,

3 - TAK.

Wymaganie ogólne

Wymaganie szczegółowe

Komentarz

Prezentowane zadanie sprawdza, na ile uczniowie rozumieją schematy reakcji jądrowych i potrafią powiązać je ze słownym opisem procesów fizycznych. W tym przypadku na podstawie informacji zawartych w tekście uczeń ma za zadanie ocenić, które z reakcji zestawionych w tabeli są reakcjami rozszczepienia. Tekst powinien stanowić znaczną pomoc dla ucznia, ponieważ zawiera definicję reakcji rozszczepienia: w przypadku tego typu reakcji jądro atomowe dzieli się na dwa relatywnie duże fragmenty o porównywalnych masach, przy czym mogą powstać również lekkie cząstki (zazwyczaj neutrony).

Porównując ten opis ze schematami reakcji zestawionymi w tabeli, stwierdzamy, że tylko reakcja pierwsza nie spełnia podstawowego kryterium podanego w definicji: powstające produkty znacznie różnią się masami: jądro toru, składające się z 234 nukleonów, jest wielokrotnie cięższe od jądra helu, składającego się z 4 nukleonów. Brak neutronów jako produktów reakcji jest tu sprawą drugorzędną, ale również może naprowadzić ucznia na właściwy tok rozumowania. Pozostałe dwie reakcje spełniają kryteria rozszczepienia podane w treści zadania, ponieważ produkowane są dwa relatywnie duże jądra o porównywalnych masach (odpowiednio krypton i bar oraz ksenon i stront). Dodatkowo produkcji tych jąder towarzyszy emisja neutronów.

W badaniu pilotażowym, w trakcie którego uczniowie rozwiązywali test z przedmiotów przyrodniczych, poprawnie rozwiązało całość zadania 51% uczniów, przy czym wśród uczniów uzyskujących najwyższe wyniki z testu rozwiązywalność wynosiła 80%. Wśród uczniów najsłabszych rozwiązywalność wynosiła jedynie 21%, wobec tego zadanie dobrze różnicuje uczniów.

Niewiele wyższa od rozwiązywalności całego zadania była rozwiązywalność stwierdzona dla poszczególnych wierszy tabeli, szczególnie w grupie uczniów najlepszych. Wynosiła ona odpowiednio 62% (w grupie uczniów najlepszych 84%), 60% (w grupie uczniów najlepszych 86%) i 66% (w grupie uczniów najlepszych 86%). Nie wydaje się, aby dla uczniów uzyskujących najwyższe wyniki któryś wiersz był wyraźnie trudniejszy niż pozostałe. Ta grupa uczniów dobrze rozumiała przedstawiony problem, ponieważ mała różnica pomiędzy rozwiązywalnością poszczególnych wierszy a rozwiązywalnością całego zadania świadczy o tym, że ogromna większość osób z tej grupy wybierała odpowiedzi w pełni świadomie.

Najprawdopodobniej dla pozostałych uczniów problemem było powiązanie opisu słownego ze schematami reakcji, warto więc w trakcie zajęć poświęcić nieco czasu na dokładne omówienie znaczenia poszczególnych symboli.

Słowa kluczowe

rozpady promieniotwórcze | rozszczepienie jądrowe

Węgiel

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji

Zadanie

Michał znalazł w Internecie reakcję otrzymywania izotopu węgla ^{14}C:

$$n + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{14}_{6}C + p$$

Czy w powyższym równaniu:

	Tak czy nie?
1. zachowana jest liczba neutronów?	☐Tak / ☐Nie
2. zachowana jest liczba protonów?	☐Tak / ☐Nie
3. zachowana jest liczba nukleonów?	☐Tak / ☐Nie
4. zachowany jest ładunek elektryczny?	☐Tak / ☐Nie

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. - Tak,

2. - Tak,

3. - Tak,

4. - Tak.

Wymaganie ogólne

Wymaganie szczegółowe

Komentarz

Prezentowane zadanie sprawdza, czy uczniowie rozumieją zasadę zachowania liczby nukleonów i zasadę zachowania ładunku elektrycznego. Zgodnie z fundamentalnymi prawami fizyki, w przebiegu reakcji jądrowych obie te wielkości muszą zostać zachowane. Wprawdzie liczba protonów i neutronów może się zmienić, jeśli zajdzie rozpad b, jednak w przypadku przytoczonej reakcji nie mamy do czynienia z tego typu sytuacją. Jest to bardzo prosty proces wymiany nukleonu w jądrze: w trakcie zderzenia neutronu z jądrem azotu, neutron wybija z jądra proton, a sam zajmuje jego miejsce. W efekcie powstaje jądro węgla oraz swobodny proton (jądro wodoru). Jest to reakcja, która nie prowadzi do zamiany protonu w neutron

lub neutronu w proton. Na każde z pytań, zestawionych w tabeli, uczeń powinien dać odpowiedź twierdzącą.

Zadanie było rozwiązywane w ramach badania pilotażowego przez uczniów szkół ponadgimnazjalnych. Jedynie 6,6% uczniów rozwiązało je poprawnie, to znaczy, udzieliło prawidłowej odpowiedzi na wszystkie cztery pytania zestawione w tabeli. Najmniej problemu sprawiły uczniom dwa pierwsze pytania. Ich rozwiązywalność wynosiła ponad 60% (63,3% - pytanie pierwsze, 65,5%- pytanie drugie). Dużo słabiej wypadły dwa kolejne pytania (47,8% poprawnych odpowiedzi na pytanie trzecie i 43,4% na pytanie czwarte).

Różnica w rozwiązywalności dwóch pierwszych i dwóch ostatnich pytań wydaje się nieco zagadkowa. Posługując się zamieszczonym schematem, uczniowie mogli bez trudu odczytać liczbę protonów przed reakcją oraz po reakcji. Mogli również odczytać całkowitą liczbę nukleonów. Jednak z tym zadaniem poradzili sobie wyraźnie gorzej, pomimo, iż obie te informacje są podstawowymi informacjami, które można bezpośrednio wyczytać ze schematu reakcji. I co ciekawe, obie te informacje są potrzebne, aby obliczyć liczbę neutronów, która dla reakcji jądrowych nie jest podawana jawnie.

Podobnie wygląda sytuacja w przypadku pytania o zachowanie ładunku elektrycznego, ponieważ było ono w pewnym sensie powtórzeniem pytania o liczbę protonów. W jądrze atomowym tylko protony niosą ładunek elektryczny, wobec tego osoby, które prawidłowo odpowiedziały na drugie pytanie, mogły wydedukować, że jest on zachowany. Ponadto zasada zachowania ładunku elektrycznego jest omawiana przy okazji zagadnień związanych z elektrycznością i przepływem prądu elektrycznego, a więc zazwyczaj znacznie wcześniej niż fizyka jądrowa. Nawet gdyby uczniowi umknął związek liczby protonów z ładunkiem jądra, mógł się posiłkować wiedzą z dziedziny elektryczności. Tymczasem okazało się, że ostatnie pytanie sprawiło uczniom najwięcej problemów.

Najprawdopodobniej, odpowiadając na poszczególne pytania, uczniowie nie korzystali ze schematu, bazując na zapamiętanych informacjach na temat budowy jądra atomowego i reakcji jądrowych, bądź też posługiwali się schematem, nie rozumiejąc w pełni znaczenia poszczególnych symboli. Warto wobec tego gruntownie przećwiczyć z uczniami na lekcji posługiwanie się podstawowymi pojęciami dotyczącymi budowy jądra atomowego oraz sprawne posługiwanie się schematami reakcji jądrowych. Wyniki uzyskane dla zaprezentowanego zadania wskazują na fakt, że umiejętności te nie są opanowane przez uczniów w wystarczającym stopniu.

Nie bez znaczenia mógł też okazać się fakt, że poprawną odpowiedzią na każde z pytań była odpowiedź twierdząca. W naszych badaniach wielokrotnie zaobserwowaliśmy, że w przypadku tego typu zadań uczniowie rzadko decydują się na wybór wszystkich odpowiedzi twierdzących lub wszystkich przeczących, zakładając, że jest to sytuacja niemożliwa.

Datowanie

Sugerowane przeznaczenie Praca na lekcji

Zadanie

Jedną z metod określania wieku substancji jest tzw. datowanie radiowęglowe. Polega ono na porównaniu proporcji pomiędzy izotopem promieniotwórczym ^{14}C a izotopami trwałymi ^{12}C i ^{13}C. Izotop węgla ^{14}C powstaje w górnych warstwach atmosfery pod wpływem bombardowania azotu ^{14}N przez neutrony pochodzące z promieniowania kosmicznego. Węgiel ten następnie rozchodzi się w atmosferze i pod postacią dwutlenku węgla wchodzi poprzez fotosyntezę do organicznego obiegu węgla w przyrodzie. Tak

długo, jak organizm żyje, proporcje węgla radioaktywnego do stabilnego są w nim podobne jak w atmosferze. Sytuacja zmienia się, gdy tylko organizm umrze – wymiana przestaje zachodzić, a izotop ^{14}C z czasem się rozpada.

Poniżej podano listę znalezisk archeologicznych z różnych części świata. Wskaż te, których wiek można ocenić, wykorzystując metodę datowania radiowęglowego.

Znalezisko	**Można czy nie można ocenić?**
1. Kielich wykonany ze srebra.	☐ Można / ☐Nie można
2. Rzeźbione drewniane krzesło.	☐ Można / ☐Nie można
3. Fragmenty marmurowego posągu.	☐ Można / ☐Nie można
4. Kamienna miska.	☐ Można / ☐Nie można

Odpowiedź, podstawa programowa i omówienie zadania

Poprawna odpowiedź

1. - Nie można,

2. - Można,

3. - Nie można,

4. - Nie można

Wymaganie ogólne

Wymaganie szczegółowe

Komentarz

Prezentowane zadanie dotyczy metody datowania radiowęglowego, czyli określania wieku badanego przedmiotu na podstawie procentowej zawartości nietrwałego izotopu ^{14}C. Wstęp do zadania zawiera szczegółowe informacje na temat powstawania tego izotopu oraz mechanizmu prowadzącego do włączenia go w obieg pierwiastków w przyrodzie. Informacje te są wystarczające, aby wyciągnąć najważniejsze wnioski niezbędne do poprawnego rozwiązania zadania. Przede wszystkim, datowanie radiowęglowe może być stosowane jedynie do określania wieku materiałów pochodzenia organicznego, ponieważ tylko organizmy żywe mogą pobierać izotop ^{14}C ze środowiska i wbudowywać go w strukturę swoich tkanek. Po śmierci organizmu proces ten ustaje. Na skutek zachodzących rozpadów nietrwałego izotopu węgla, jego procentowa zawartość w substancji powoli się zmniejsza.

Zadaniem uczniów było ustalenie, czy metodą datowania radiowęglowego można ocenić wiek przedmiotów zestawionych w tabeli. Z wyjątkiem drewnianego krzesła, są to przedmioty wykonane z materiałów nieorganicznych, zatem nie możemy określić ich wieku tą metodą. Wydaje się więc, że uczniowie nie powinni mieć problemów z dokonaniem poprawnej oceny. Tymczasem całość zadania rozwiązało jedynie 18,1% uczniów.

W przypadku pierwszego przedmiotu, czyli srebrnego kielicha, poprawnej odpowiedzi udzieliło w sumie 55,8% uczniów. Najtrafniej odpowiadali uczniowie uzyskujący najwyższe wyniki w teście. Natomiast uczniowie uzyskujący wyniki słabe i średnie najprawdopodobniej wybierali odpowiedź losowo. W tych grupach odsetek prawidłowych odpowiedzi oscylował wokół wartości 50%. Wydaje się, iż znaczna część uczniów przeoczyła fakt, że srebro jest nie tylko potoczną nazwą materiału, z którego wykonano kielich, ale jest przede wszystkim nazwą pierwiastka chemicznego. Jeśli nawet kielich zawierałby w swoim składzie węgiel, to tylko w formie śladowych domieszek.

Nieco lepsze wyniki uzyskali uczniowie w przypadku pytania drugiego. Poprawnie rozwiązało je 62,8% badanych osób. Tu również odsetek prawidłowych odpowiedzi udzielonych przez uczniów najsłabszych wyniósł niewiele ponad 50%. Wynik ten wydaje się dosyć zaskakujący. Powszechnie wiadomo, że drewno jest pozyskiwane ze ściętych pni drzew. Drzewa są roślinami i w trakcie swojego życia pobierają dwutlenek węgla (a z nim izotop ^{14}C) z atmosfery. Dwutlenek węgla jest następnie wykorzystywany do syntezy związków organicznych, z których zbudowane są tkanki drzewa. W takim razie drewno zawiera w swoim składzie między innymi izotop ^{14}C, zaabsorbowany z atmosfery w trakcie cyklu życiowego rośliny. Wydawałoby się, że jest to sytuacja bardzo klarowna, jednak dla uczniów nie okazała się aż tak oczywista, jak można było się spodziewać.

Najbardziej problematyczne okazały się dwa ostatnie pytania. Na pytanie trzecie odpowiedziało poprawnie jedynie 42,5% uczniów, a na pytanie czwarte – 47,4%. W obu tych przypadkach uczniowie odpowiadali w podobny sposób i widoczna była silna korelacja pomiędzy wynikiem osiągniętym z całości testu a prawdopodobieństwem udzielenia prawidłowej odpowiedzi. Najsłabsi uczniowie wyraźnie preferowali wskazywanie marmurowego posągu i kamiennej miski jako przedmiotów możliwych do zbadania za pomocą metody datowania radiowęglowego. Ponadto wskazywali te przedmioty częściej niż drewniane krzesło czy srebrny kielich.

Uzyskane wyniki są o tyle zaskakujące, że dysponując informacjami zamieszczonymi w zadaniu, uczeń nie powinien mieć trudności z ocenieniem, który z wymienionych materiałów może zostać zbadany za pomocą tej metody. Być może na słabsze wyniki uzyskane w przypadku dwóch ostatnich pytań przełożyły się problemy z ustaleniem, w jaki sposób powstają kamień i marmur oraz czy zawierają węgiel ^{14}C. Nie można jednak tego wyjaśnienia zastosować do dwóch pierwszych i najbardziej oczywistych sytuacji (czyli: kielich ze srebra oraz drewniane krzesło). Wydaje się zatem, że istniał jakiś inny, trudny do ustalenia, powód niezbyt dużej rozwiązywalności zadania. Być może niespodziewaną trudnością okazała się konieczność połączenia informacji dotyczących opisywanego zjawiska z elementarną wiedzą z zakresu biologii i chemii. Prostym kluczem do poprawnego rozwiązania zadania było bowiem zrozumienie, że metodą datowania radiowęglowego możemy określać wiek wyłącznie materiałów organicznych. Rozumiejąc tę prawidłowość, uczeń nie musi się zastanawiać nad składem chemicznym oraz procesami prowadzącymi do powstania poszczególnych substancji.