

Nukleo - Ogólnopolski Konkurs Wiedzy o Energii Jądrowej

II edycja, rok szkolny 2021/2022

ETAP 2

Instrukcja:

Spośród pięciu zadań z treścią, przygotowanych przez Komisję Konkursową, Uczestnik Konkursu przesyła rozwiązania **dwóch lub trzech wybranych przez siebie zadań z treścią** oraz rozwiązanie **zadania problemowego**. Zadania mają różny stopień trudności, a tym samym różną liczbę punktów do zdobycia za prawidłowe rozwiązanie. Informacja o maksymalnej liczbie punktów możliwej do uzyskania, dostępna jest obok numeru zadania. Wybierz te zadania, które jesteś w stanie rozwiązać. Nie muszą być to koniecznie zadania z maksymalną liczbą punktów. Każdy ma szansę dostać się do ścisłego finału!

Pełne rozwiązanie zadania z treścią powinno zostać spisane ręcznie (czytelnie i wyraźnie, najlepiej drukowanymi literami) na kartkach (wraz z wyprowadzeniem wzorów, komentarzami, ...). Skan lub zdjęcie dobrej jakości tych arkuszy należy przesłać przez platformę poprzez swoje dedykowane konto Uczestnika. Zadanie problemowe można opracować w dowolnym edytorze tekstu, należy zapisać je do pliku pdf. Każde zadanie powinno zostać przesłane w osobnych plikach, zgodnie z instrukcją podaną na platformie internetowej Konkursu.

Nieprzekraczalny termin nadsyłania zadań to **1 listopada 2021 roku, godz. 23:59**.

Co będziemy oceniać? W przypadku **zadań z treścią** ocenie podlegać będzie:

- umiejętność zastosowania podstawowych praw fizyki i uproszczonych modeli matematycznych do rozwiązywania zadania,
- samodzielność w formułowaniu wniosków,
- umiejętność i trafność posługiwania się słownictwem fizycznym,
- poprawność matematyczna, poprawne sporządzenie wykresu, opis i wyskalowanie osi,
- wymóg podania w rozwiązaniu wyniku wraz z jednostką,
- przy ocenianiu zadań przyjmuje się zasadę, że uczestnik powinien udowodnić zależności fizyczne, które nie są wprost podane w podręcznikach szkolnych,
- **pominięcie częściowych obliczeń lub prezentacji sposobu rozumowania, a także komentarzy może spowodować utratę punktów.**

W przypadku **zadania problemowego** ocenie podlegać będzie:

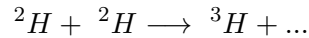
- sposób ujęcia tematu, argumentacja, analiza problemu, wnioski,
- umiejętność korzystania z dostępnych źródeł informacji,
- właściwie i bezbłędnie wykonane tabele, diagramy i wykresy,
- kreatywność rozwiązania problemu,
- poprawność językowa, umiejętność i trafność posługiwania się słownictwem fizycznym.

Część I - ZADANIA Z TREŚCIĄ

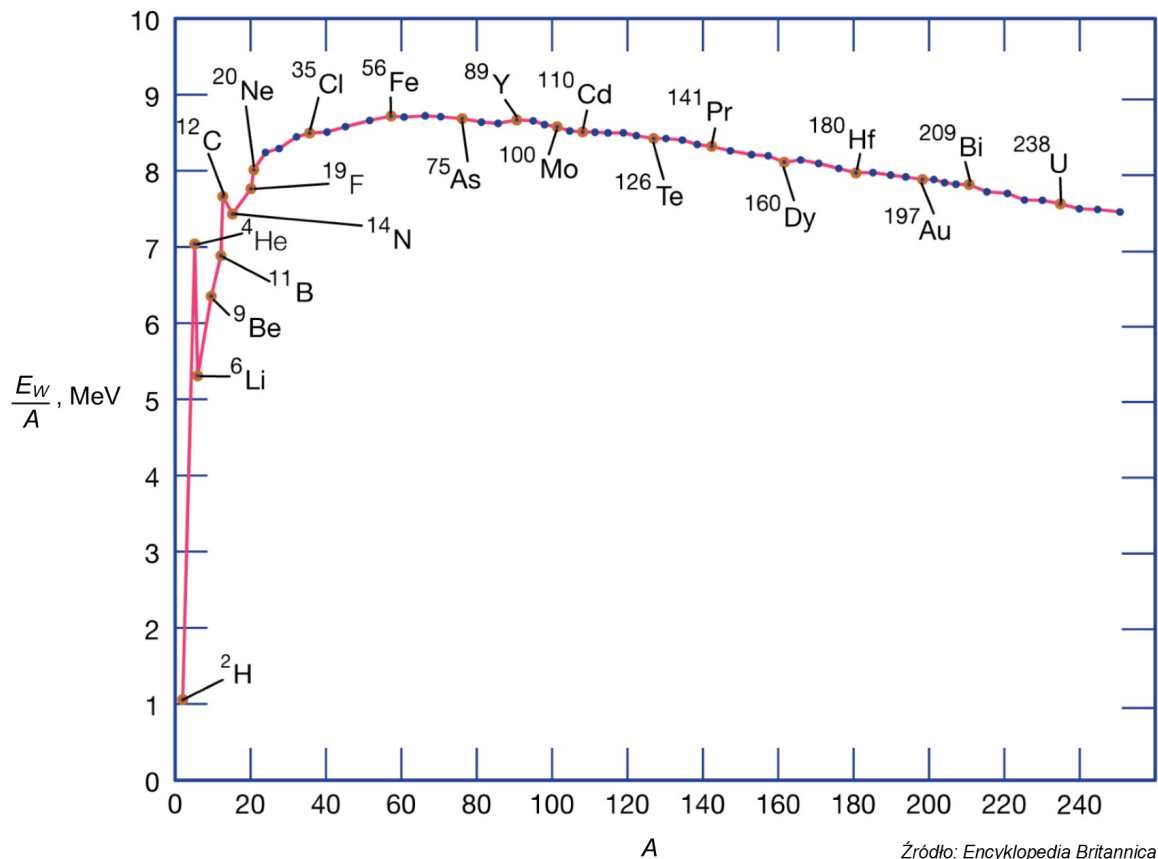
Zadanie 1 [8 punktów]

Podczas pierwszego etapu reakcji termojądrowej dwa jądra deuteru ${}^2\text{H}$ łączą się w jądro trytu ${}^3\text{H}$ i wydziela się przy tym bardzo duża ilość energii.

- a) Uzupełnij schemat, tak aby otrzymać równanie opisanej reakcji.



- b) Na poniższym wykresie na osi pionowej odłożona jest energia wiązania pojedynczego nukleonu, czyli iloraz energii wiązania jądra E_w przez liczbę nukleonów A . Na osi poziomej jest odłożona liczba nukleonów. Na podstawie wykresu oszacuj ilość energii wydzielonej podczas reakcji z punktu a. Wynik zaokrąglij do jednego miejsca po przecinku.
- c) Przyjmijmy, że opisana w punkcie a reakcja jest podstawą działania elektrowni jądrowej. Oblicz energię elektryczną, którą można wytworzyć z 1 g deuteru, jeżeli sprawność procesu przemiany energii jest równa 25%. Jako energię wydzieloną podczas reakcji między dwoma jądrami deuteru przyjmij wynik swojego oszacowania z punktu b. Wynik podaj w kilowatogodzinach (kWh).



Zadanie 2 [8 punktów]

Satelita umieszczony na orbicie wykorzystuje ciepło wydzielone podczas rozpadu α izotopu plutonu-238 (^{238}Pu) jako źródło energii. Okres połowicznego rozpadu ^{238}Pu wynosi 87,7 lat. Sprawność przemiany energii cieplnej na energię elektryczną wynosi $\eta = 8\%$. W satelicie zainstalowany jest sprzęt, którego całkowite zapotrzebowanie na moc elektryczną wynosi $P_C = 290$ W. Określ, jak długo źródło energii będzie w stanie dostarczyć sprzętowi energię elektryczną, jeśli wiadomo, że w momencie wystrzelenia w satelicie było $m = 6,21$ kg ^{238}Pu . Na jeden akt rozpadu ^{238}Pu uwalniana jest energia $E_\alpha = 5,6$ MeV.

Zadanie 3 [10 punktów]

Jądrami zwierciadlanymi nazywamy taką parę jąder o tej samej liczbie masowej A , dla których liczba protonów jednego jądra jest równa liczbie neutronów jądra drugiego. Przykładami jąder zwierciadlanych są $^{15}_7\text{N}$ i $^{15}_8\text{O}$, czy też $^{35}_{17}\text{Cl}$ i $^{35}_{18}\text{Ar}$. Studiując cechy jąder zwierciadlanych można badać różnice pomiędzy oddziaływaniem proton-proton, neutron-neutron i proton-neutron.

Jądro ^{27}Si ulega przemianie β^+ , w wyniku której powstaje jego jądro zwierciadlane ^{27}Al . Maksymalna energia emitowanego w tym rozpadzie pozytonu to 3,48 MeV. Załóżmy, że różnica mas między jądrami wynika z różnicy energii kulombowskiej, jaką posiadają oraz, że jądra są równomiernie naładowanymi kulami o ładunku $Z \cdot e$, gdzie Z jest liczbą protonów w jądrze. Przyjmując, że promień jądra R jest dany przez $R = r_0 \cdot A^{1/3}$, gdzie A jest liczbą masową jądra, oszacuj wartość stałej r_0 .

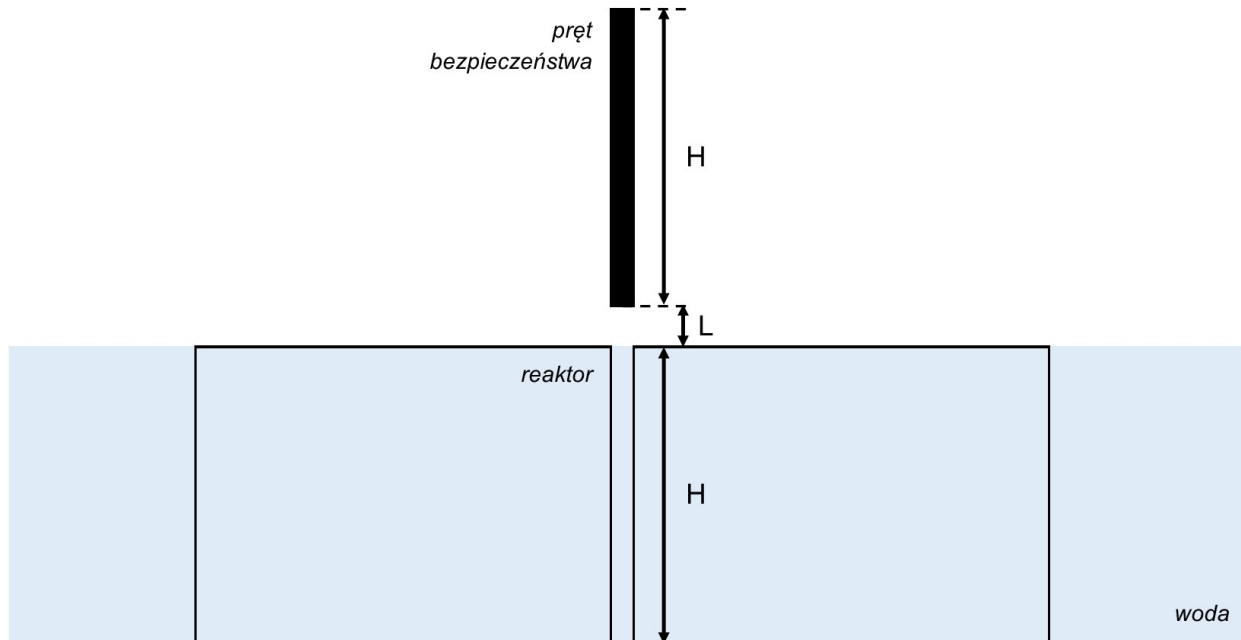
Zadanie 4 [10 punktów]

Do krwi pacjenta wstrzyknięto 1 cm^3 roztworu zawierającego izotop promieniotwórczy ^{24}Na , którego okres połowicznego rozpadu $T_{1/2}$ wynosi 15 h. Aktywność 1 cm^3 krwi pobranej od pacjenta po 5 h była 7300 razy mniejsza niż w przypadku roztworu oryginalnego. Określ całkowitą objętość krwi pacjenta. Przedstaw odpowiedź w litrach i zaokrąglij ją do jednego miejsca po przecinku. Przyjmij, że rozcieńczenie roztworu zawierającego izotop promieniotwórczy ^{24}Na jest równomierne w całej objętości krwi.

Zadanie 5 [15 punktów]

W przypadku awarii w reaktorze jądrowym reakcja łańcuchowa rozszczepienia jest zatrzymywana przez wprowadzenie pręta bezpieczeństwa, zdolnego do pochłaniania neutronów, do rdzenia reaktora. Pręt bezpieczeństwa utrzymywany jest na elektromagnesie w czasie normalnej pracy reaktora, a zwalniany jest w chwili wystąpienia sytuacji awaryjnej. Pręt wpada do rdzenia wyłącznie pod

wpływem siły grawitacji. Oblicz czas spadku pręta o masie $m = 10 \text{ kg}$ i długości $H = 7 \text{ m}$, jak pokazano na rysunku, jeśli wiadomo, że znajduje się on w odległości $L = 5 \text{ cm}$ nad rdzeniem reaktora o wysokości H wypełnionym wodą. Za zakończenie spadku uważa się całkowite zanurzenie pręta w rdzeniu. Pomiń opór powietrza, siła oporu wody jest stała i równa $F = 95 \text{ N}$.



Część II - ZADANIA PROBLEMOWE

Za rozwiązanie zadania problemowego można otrzymać maksymalnie **25 punktów**.

Na ile lat wystarczyłoby uranu, jeśli zastąpilibyśmy wszystkie elektrownie (produkujące energię elektryczną) emitujące gazy cieplarniane na świecie elektrowniami jądrowymi?

- a) Zbierz informacje o **zasobach uranu na świecie** (zwróć uwagę, że uran występuje nie tylko w glebie). Następnie określ całkowitą ilość **energii elektrycznej produkowanej w elektrowniach emitujących gazy cieplarniane na świecie** – możesz posłużyć się np. danymi z roczników statystycznych, jeśli są dostępne w Internecie. Jakie typy elektrowni uznasz za te, które emitują gazy cieplarniane? Informacje te określ na konkretny rok, np. 2020 lub wcześniejszy i przedstaw w postaci tabel (z podziałem np. na kontynenty, kraje – decyzja należy do Ciebie), aby były jak najczytelniejsze. Oznacz, które informacje podane są dokładnie, a które tylko Twoim oszacowaniem (opisz wówczas krótko, jakie założenia zostały przyjęte w Twoim szacowaniu). Pamiętaj o podaniu źródła danych.
- b) Na podstawie zebranych informacji przeprowadź analizę, aby odpowiedzieć na pytanie tytułowe. Przyjmij następujące założenia:
- Uwzględnij wszystkie zasoby uranu, niezależnie od tego, czy są mniej lub bardziej dostępne,
 - Całkowita ilość energii elektrycznej produkowanej w elektrowniach emitujących gazy cieplarniane, o których mowa w punkcie a, przyrasta o 3% rocznie,
 - Elektrownia jądrowa o mocy 1000 MWe (megawaty elektryczne), produkująca rocznie 8,76 TWh energii elektrycznej, potrzebuje rocznie 30 ton uranu.
 - Przyjmij, że każdego roku, istniejące już elektrownie jądrowe produkują łącznie na całym świecie stałą ilość energii elektrycznej wynoszącą 2550 TWh rocznie,
 - Pomijamy kwestie wzbogacania paliwa jądrowego.

Przeprowadź analizę w dwóch wariantach:

- I) Bez recyklingu paliwa jądrowego – tzn. paliwo wyladowane z reaktora po roku pracy trafia w całości do składowiska wypalonego paliwa jądrowego i nie jest ponownie używane,
- II) Z recyklingiem paliwa jądrowego – z wyladowanego paliwa po roku pracy odzyskuje się 30% uranu, który ponownie wykorzystujemy w elektrowni jądrowej, a 70% trafia do składowiska wypalonego paliwa jądrowego. Załóżmy dla uproszczenia, że ten proces jest natychmiastowy. W każdym następnym roku 30% uranu pochodzi z wyladowanego paliwa z poprzedniego roku.

Powyższą analizę możesz wykonać ręcznie, z użyciem arkusza kalkulacyjnego lub przygotować prosty program w jednym z języków programowania. Decyzja należy do Ciebie. Całą analizę zamieść w swojej pracy i opisz. Na koniec wykonaj dwa wykresy (odpowiednio dla wariantu I i II) zależności całkowitej masy uranu na świecie od czasu. Jakie wnioski wyciągniesz na ich podstawie?

Regulamin Konkursu oraz formularz rejestracyjny dostępne są na stronie internetowej:

www.forumatomowe.org/konkurs-nukleo

Do wygrania atrakcyjne nagrody!