

Poskromić Atom

Ogólnopolski Konkurs Wiedzy o Energii Jądrowej

Edycja 2023, ETAP 2

Instrukcja:

Spośród czterech 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 konieczne 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 konkursową poprzez swoje dedykowane konto Uczestnika. Z kolei 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 **12 listopada 2023 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 cząstkowych 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 [6 punktów]

Neutron zderza się elastycznie z jądrem ${}^4\text{He}$, a następnie, po odbiciu, zderza się elastycznie z jądrem ${}^{12}\text{C}$. Jądra helu i węgla były nieruchome przed zderzeniem. Określ, ile razy energia kinetyczna neutronu zmieni się po dwóch zderzeniach. Zakładamy, że masy neutronu i protonu są takie same. Zaokrąglaj odpowiedź do dziesiątych części.

Zadanie 2 [8 punktów]

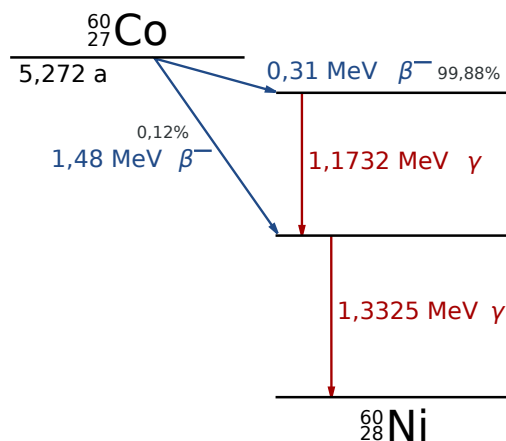
Pacjentowi podano radiofarmaceutyk zawierający izotop gamma-promieniotwórczy pallad-103. Aby zniszczyć guz nowotworowy, musi być on poddany ekspozycji na promieniowanie gamma przez 30 dni, aby całkowita energia zdeponowana w guzie wynosiła 2,12 J. Zakładamy, że pallad-103 ma okres połowicznego rozpadu 17,0 d i emituje promieniowanie gamma o energii 21,0 keV, które jest całkowicie absorbowane przez guz. Polecenia:

- znajdź początkową aktywność promieniotwórczą podanego pacjentowi radiofarmaceutyku,
- znajdź całkowitą masę promieniotwórczego palladu-103, jaką zawiera podana pacjentowi dawka radiofarmaceutyku.
- oblicz grubość blachy ołowianej, jakiej należy użyć do osłony źródła otwartego zawierającego pallad-103, aby natężenie wiązki emitowanego ze źródła promieniowania gamma uległo trzykrotnemu zmniejszeniu.

Zadanie 3 [10 punktów]

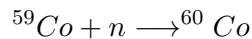
Wstęp:

Kobalt-60 jest promieniotwórczym izotopem kobaltu, który jest powszechnie wykorzystywany w medycynie i przemyśle. Co-60 ulega rozpadowi β^- , ale podczas rozpadu emitowane są dwa kwanty promieniowania γ o energiach 1,17 i 1,33 MeV (Rys. 1) Co-60 ma czas połowicznego rozpadu



Rysunek 1: Schemat rozpadu Co-60

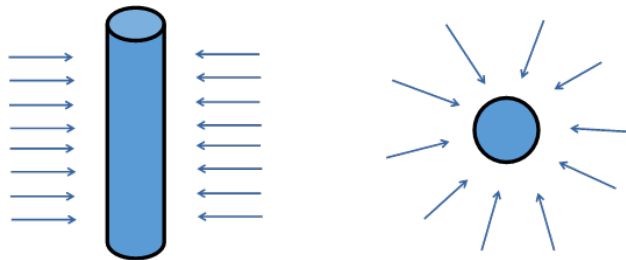
wynoszący 5,2714 roku i pozwala uzyskać wiązkę promieniowania gamma o dużej intensywności przy dość długim czasie efektywnego wykorzystania źródła. Co-60 jest szeroko stosowany w radioterapii (w urządzeniach nazywanych bombami kobaltowymi), do sterylizacji (np. narzędzi medycznych), defektoskopii (nieniszczącym wykrywaniu uszkodzeń) i szerzej radiografii przemysłowej. Co-60 jest produkowany w wyniku reakcji jądrowych: wychwyty neutronu przez stabilny izotop Co-59:



Kobalt-60 jest obecnie produkowany głównie w reaktorach typu CANDU (Canada Deuterium Uranium), ale wobec stale rosnącego zapotrzebowania rozważane są inne możliwości. Jedną z nich jest wytwarzanie Co-60 w reaktorach wodnych ciśnieniowych (PWR), takich, jakie mają być zbudowane w Polsce (np. AP-1000, APR-1400 lub EPR).

Zadanie:

Oszacuj, ile gramów Co-60 można otrzymać w ciągu roku w reaktorze PWR, jeśli umieścimy w nim jeden pręt z Co-59. Pręt ma kształt walca o wysokości $H = 400$ cm i średnicy $D = 1$ cm i jest w całości wypełniony Co-59. Przyjmij, że strumień neutronów przenikających przez powierzchnię boczną pręta wynosi $\phi = 2 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, a prawdopodobieństwo, że dojdzie do reakcji wychwyty neutronu przez jądro Co-59 wynosi średnio $p = 4 \cdot 10^{-24}$ i jest niezależne od położenia wewnątrz pręta. Zakładamy, że neutrony wewnątrz pręta poruszają się w przybliżeniu w płaszczyźnie poziomej, a pojedynczy neutron może oddziaływać z atomami Co-59 w warstwie pręta o grubości $\Delta H = 1$ mm. Straty wynikające z rozpadów Co-60 zanedbujemy. Masa molowa kobaltu: 58,93 g/mol, gęstość kobaltu: $8,9 \text{ g/cm}^3$.



Zadanie 4 [10 punktów]

Ile wody o temperaturze 0°C można zamienić w parę, jeśli wykorzysta się całe ciepło wydzielone podczas tworzenia z protonów i neutronów $0,2$ g helu-4? Przyjmij masę protonu równą $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg, masę neutronu – $1,67 \cdot 10^{-27}$ kg, masę jądra atomu helu-4 - $6,64 \cdot 10^{-27}$ kg.

Masa molowa helu: $4 \cdot 10^{-3}$ kg/mol, ciepło właściwe parowania: $c_p = 2,3 \cdot 10^6$ J/kg, ciepło właściwe wody: $c_w = 4190$ J/(kg·K), prędkość światła w próżni: $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

Wynik należy przedstawić w tonach i zaokrąglić do części dziesiętnych.

Część II - ZADANIE PROBLEMOWE

Za rozwiązanie zadania problemowego można otrzymać maksymalnie **20 punktów**.

Naturalne źródła promieniowania jonizującego

Jednym ze składników środowiska, w którym żyjemy, są naturalne izotopy promieniotwórcze. Wchodzą one w skład wszystkich występujących na Ziemi materiałów i organizmów, znajdziemy je np. w powietrzu, glebie, wodzie, czy w organizmach zwierzęcych i roślinnych. Dlatego są one także składnikiem wszystkich produktów, które spożywamy. Stężenia izotopów promieniotwórczych w różnych komponentach naszej diety różnią się, w zależności od miejsca, gdzie są uprawiane rośliny lub hodowane zwierzęta. W Tabeli 1 (na stronie 6) przedstawiono stężenia izotopów promieniotwórczych - uranu i toru oraz ich produktów rozpadu promieniotwórczego - w różnych produktach żywnościowych, rejestrowane w różnych krajach. Wielkości stężeń wyrażono w jednostce mBq/kg , gdzie Bq (bekerel) to jednostka aktywności promieniotwórczej - 1 Bq oznacza jeden rozpad promieniotwórczy na sekundę. Zaprezentowane dane pochodzą z publikacji Komitetu Naukowego Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Skutków Promieniowania Atomowego (UNSCEAR) ¹.

Polecenie:

1. Przeanalizuj typową dietę mieszkańców trzech krajów - Polski oraz jednego kraju europejskiego i jednego leżącego na innym kontynencie z listy krajów wymienionych w Tabeli 1. Jakie ilości (średnio) różnych produktów żywnościowych (w podziale na kategorie produktów podanych w Tabeli 1, np. produkty mleczne, mięsne itd.) spożywane są w poszczególnych krajach rocznie? Zbierz i zaprezentuj te dane w postaci tabeli. Podaj źródła informacji, które wykorzystałeś do tej analizy.
2. Następnie na podstawie zebranych w punkcie 1 informacji oraz danych z Tabeli 1 **wykonaj analizę i określ wielkość narażenia na naturalne promieniowanie jonizujące, pochodzące od uranu i toru, i ich produktów rozpadu, znajdujących się w żywności, dla dorosłego mieszkańca Polski oraz dwóch wybranych krajów w ciągu jednego roku.**

Przez ocenę wielkości narażenia na promieniowanie jonizujące rozumiemy **obliczenie całkowitej dawki efektywnej** pochodzącej od wniknięcia izotopów promieniotwórczych do organizmu człowieka drogą pokarmową. Do obliczenia tej dawki wykorzystuje się następujący wzór, będący sumą dawek efektywnych pochodzących od poszczególnych izotopów i :

$$E_C = \sum_i A_i \cdot e(g)_i$$

¹*Sources and effects of ionizing radiation*, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, Nowy Jork, 2000

gdzie: E_C - całkowita dawka efektywna, wyrażona w siwertach (Sv),

A_i - aktywność promieniotwórcza danego izotopu i , która wniknęła do organizmu człowieka, wyrażona w Bq (obliczona na podstawie stężeń podanych w Tabeli 1 i danych zebranych w punkcie 1),

$e(g)_i$ - współczynnik przeliczeniowy dla danego izotopu i , wraźony w Sv/Bq.

Wartości współczynnika $e(g)$ dla różnych izotopów, znajdziesz w Tabeli 3, w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 11 sierpnia 2021 r. w sprawie wskaźników pozwalających na wyznaczenie dawek promieniowania jonizującego stosowanych przy ocenie narażenia na promieniowanie jonizujące (Dz.U. 2021 poz. 1657). Link do rozporządzenia:

<https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20210001657/O/D20211657.pdf>.

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, opisz ją krok po kroku i zaprezentuj pośrednie wyniki obliczeń w dowolnej formie, np. w postaci tabeli. Na koniec przedstaw ostateczny wynik analizy, tzn. wartości całkowitej dawki efektywnej w zależności od kraju na wykresie oraz w postaci tabeli. Jakie wnioski wyciągniesz na tej podstawie?

Regulamin Konkursu oraz formularz rejestracyjny dostępne są na stronie internetowej:

www.forumatomowe.org/konkurs-poskromic-atom

Do wygrania atrakcyjne nagrody!

Tabela 1: Stężenia uranu i toru oraz ich produktów rozpadu w żywności i wodzie pitnej w różnych krajach. Uwaga - pusta komórka tabeli oznacza brak danych. Źródło: *Sources an effects of ionizing radiation*, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, Nowy Jork, 2000

Kraj	Stężenie (mBq/kg)									
	U-238	Th-230	Ra-226	Pb-210	Po-210	Th-232	Ra-228	Th-228	U-235	
produkty mleczne										
USA	0,7	0,4	5,7	11		0,27			0,05	
Chiny	13		6	16	13	1,2	21		0,6	
Indie	17				15					
Japonia	0,55		12			0,29				
Włochy			3 - 19							
Niemcy			2 - 130	5 - 280	2 - 80					
Polska	2,6	1,2	10	18	16	1,2				
Rumunia			0,9 - 44	11 - 15	13 - 140					
Wielka Brytania	0,1 - 4,9		0,4 - 200	35 - 88	20 - 220		56			
produkty mięsne										
USA	0,8 - 2,3	0,5 - 3	20	18		0,3 - 2			0,02	
Chiny	10		41	140	120	4,3	120		0,5	
Indie					440					
Japonia	13		36			2,3				
Włochy										
Niemcy	1 - 20		30 - 220	100 - 1000	37 - 4000					
Polska	1,6 - 5,6	0,7 - 3	11 - 19	98 - 105	99 - 102	0,5 - 3,6				
Rumunia			2 - 30	15 - 19	38 - 110					
Wielka Brytania	4,9		2,6 - 7,4	40 - 3700	62 - 67000		22 - 93			
produkty zbożowe										
USA	3 - 23	0,9 - 10	7 - 100	33 - 81		0,1 - 2,8			0,1 - 1,3	

Chiny	9,8		17	34	42	13	38		0,5
Indie	7,4 - 67				15 - 120				
Japonia	1,2		14			1,2			
Włochy									
Niemcy	20 - 400		20 - 2900	40 - 4000	37 - 1900				
Polska	4,7 - 11	1,4 - 17	80 - 110	110 - 160	90 - 140	2,0 - 21			
Rumunia	6,1 - 85		30 - 90	49 - 59	20 - 360	1,6 - 33			
Wielka Brytania	6,2 - 25		0,7 - 5200	56 - 120	27 - 260	12	180 - 2300		
warzywa liściaste									
USA	24	20	56	41		18			1,2
Chiny	16		75	360	430	23	220		0,7
Indie	61-72				320				
Japonia									
Włochy			27 - 44						
Niemcy	6 - 2200		6 - 1150	4 - 4100	4 - 7400				
Polska	14-15	6,9	37 - 43	43 - 51	40 - 67				
Rumunia						4,7			
Wielka Brytania	9,8 - 400	80 - 380	2,2 - 170	16 - 3300	37 - 3300				
warzywa korzeniowe i owoce									
USA	0,9-7,7	0,2-1,1	7-47	8-150		0,08-1,4			0,1
Chiny	13		63	27	29	4,7	110		06
Indie	0,4 - 77				16-140				
Japonia	26		11			2,3			
Włochy			14-25						
Niemcy	10-2900		5-9400	20-4900	22-5200				
Polska	0,9-10	0,7-7,5	11-215	24-93	28-210	0,7-7,1			
Rumunia	6-120		9-190	19-44	12-140	0,4-2,1	22		

Wielka Brytania	6	9-41	18-76	150 - 55000	1,2 - 30	0 - 0,5	0,4 - 90
ryby							
USA	13 - 1900	1,2 - 29	14 - 1800	150 - 55000	1,2 - 30	0 - 0,5	0,4 - 90
Chiny	12	39	3500	4900	1,3	320	0,5
Indie							
Japonia							
Włochy							
Niemcy		100 - 7400	20 - 4400	50 - 5200			
Polska		28 - 43	81 - 93	3100 - 3800			
Rumunia							
Wielka Brytania	2,5	8,5 - 2100	180 - 4800	60 - 53000		56 - 700	
woda pitna							
USA	0,3 - 77	0,1	0,4 - 1,8	0,1 - 1,5	0,05	0 - 0,5	0,04
Chiny	0,1 - 700		0,2 - 120		0,04 - 12		
Indie	0,09 - 1,5						
Japonia							
Włochy	0,5 - 130		0,2 - 1200				
Niemcy	0,4 - 600		1 - 1800	0,2 - 200		0,1 - 200	
Polska	7,3	1,4	1,7 - 4,5	1,6		0,5	0,06
Rumunia	0,4 - 37		0,7 - 21	7 - 44		7 - 44	0,04 - 9,3
Wielka Brytania			0 - 180	4 - 200			