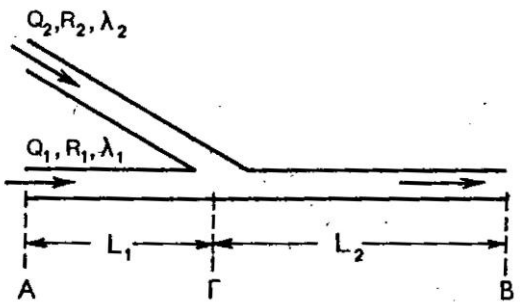
Ασκήσεις Ακ. Έτους 2014 –15

(επιλύθηκαν – συζητήθηκαν κατά τη διδασκαλία)

Όπου χρειάζεται ο Αριθμός Avogadro λαμβάνεται 0.6023 × 10^{24} και τα ατομικά βάρη θεωρείται ότι ταυτίζονται με τον μαζικό αριθμό σε g

1. Το καουτσούκ έχει πυκνότητα περίπου 1gcm^{-3} και είναι δυνατόν να παριστάνεται με το χημικό τύπο $(C_5H_8)_x$, όπου x ένας ακέραιος αριθμός που εξαρτάται από το βαθμό πολυμερισμού. Να βρεθούν οι πυκνότητες ατόμων του άνθρακα και του υδρογόνου στο παραπάνω υλικό.
2. Ορισμένος τύπος πυρηνικού αντιδραστήρα χρησιμοποιεί διάλυμα θειικού ορανυλίου (UO_2SO_4) σε νερό. Το διάλυμα είναι τόσο αραιό που θεωρείται ότι πάντα έχει την πυκνότητα του νερού 1gcm^{-3}. Ζητείται η συγκέντρωση του UO_2SO_4 στο διάλυμα σε gL^{-1}. Δίνεται: πυκνότητα πυρήνων ουρανίου προς πυκνότητα μορίων ύδατος ίση με 0.00141.
3. Τα στοιχεία του πυρηνικού καυσίμου ενός αντιδραστήρα αποτελούνται από ράβδους ουρανίου με συνολική μάζα 1500 kg. Οι ράβδοι είναι εμπλουτισμένες σε U-235 κατά 20% κατά βάρος και το υπόλοιπο είναι U-238. Η πυκνότητα του Ουρανίου είναι 19.1 g cm^{-3}. Να υπολογισθούν: (α) η ποσότητα του U-235 στον αντιδραστήρα, (β) Οι πυκνότητες πυρήνων των δύο ισοτόπων στις ράβδους και (γ) ο ισοτοπικός εμπλουτισμός σε U-235. Δίνεται επιπλέον ότι $AB_{U\text{-}238} \approx 238$ και $AB_{U\text{-}235} \approx 235$
4. Έστω ότι σήμερα η κατ' άτομο ισοτοπική σύσταση του φυσικού ουρανίου είναι U-238 99.3% και U-235 0.7%. Να βρεθεί η περιεκτικότητα του ουρανίου αυτού σε U-235, μετά την πάροδο 10^9 ετών. Δίνονται: Χρόνος ημιζωής του U-238 = 1.42x10^{17} s και χρόνος ημιζωής του U-235 = 2.25x10^{16} s.
5. Με τον αγωγό ΑΒ του σχήματος, που έχει παντού την ίδια διατομή S, γίνεται η αποχέτευση ραδιενεργών υλικών σε μορφή διαλύματος. Από το άκρο Α εισέρχονται Q_1 Lh^{-1} που έχουν αντίστοιχη ραδιενέργεια ανά μονάδα όγκου R_1 BqL^{-1}, η οποία οφείλεται σε ραδιενεργούς πυρήνες με σταθερή διασπάσεως λ_1. Στη θέση Γ εισέρχονται Q_2 Lh^{-1} που έχουν αντίστοιχη ραδιενέργεια ανά μονάδα όγκου R_2 BqL^{-1}, η οποία οφείλεται σε ραδιενεργούς πυρήνες με σταθερή διασπάσεως λ_2. Να βρεθεί η ραδιενέργεια ανά μονάδα όγκου R σε BqL^{-1} στο τέρμα Β του αποχετευτικού αγωγού.



6. Έστω πέντε τόνοι μεταλλεύματος ουρανίου, που περιέχει U_3O_8 σε ποσοστό 40% κατά βάρος. Ανάμεσα στα προϊόντα της οικογένειας του U-238 είναι και το αέριο Ραδόνιο ($_{86}Rn^{222}$). Να υπολογισθεί η ποσότητα του αερίου αυτού, που υπάρχει στο μετάλλευμα, με την προϋπόθεση ότι οι πυρήνες της παραπάνω οικογένειας ευρίσκονται σε ραδιενεργή ισορροπία. Δίνονται: ισοτοπική σύσταση του φυσικού ουρανίου U-238: 99.3% και U-235: 0.7%, χρόνος ημιζωής Rn-222 $3.3x10^5$ s και χρόνος ημιζωής U-238 $1.42x10^{17}$ s.

7. Οι μικροσκοπικές ενεργές διατομές των κυρίων ισοτόπων του φυσικού ουρανίου για απορρόφηση και σχάση και για νετρόνια με ταχύτητα 2200 ms^{-1}, είναι:
   U-235: σ_{a5} = 695 b, σ_{f5} = 595 b
   U-238: σ_{a8} = 2.7 b, σ_{f8} = $0.2x10^{-3}$ b
   Να βρεθούν οι μακροσκοπικές ενεργές διατομές απορρόφησης και σχάσης του φυσικού ουρανίου με ισοτοπική σύσταση U-238 99.3% και U-235 0.7%. Η πυκνότητα του ουρανίου θεωρείται ίση με 18.9 gcm^{-3}. Δίνεται επιπλέον ότι $AB_{U-238} \approx 238$ και $AB_{U-235} \approx 235$.

8. Να υπολογισθούν οι μακροσκοπικές ενεργές διατομές απορρόφησης και σκέδασης, για νετρόνια με ενέργεια 0.0253 eV, του φυσικού ύδατος, όταν αυτό βρίσκεται σε υγρή φάση με πυκνότητα 1 gcm^{-3}, και όταν αυτό είναι σε κατάσταση υδρατμού θεωρούμενη ως τέλειο αέριο με πίεση 2 at και θερμοκρασία 200° C. Δίνονται για το H_2O: σ_a = 0.664 b, σ_s = 103 b, MB = 18.02, ρ = 1 gcm^{-3}. Επίσης, οι κανονικές συνθήκες ορίζονται ως: πίεση 1 at, θερμοκρασία 20° C.

9. Πυρηνικό υποβρύχιο χρησιμοποιεί για την κίνησή του, πυρηνικό αντιδραστήρα, με καύσιμο U-235, που αποδίδει στην άτρακτό του 25000 HP, με ταχύτητα 20 μίλια ανά ώρα. Αν, ο ολικός βαθμός απόδοσης του κινητηρίου συστήματος είναι 25%, να υπολογισθεί η ποσότητα U-235 (σε kg), που θα καταναλωθεί για την πραγματοποίηση του γύρου του κόσμου (40000 μίλια) με την παραπάνω

ταχύτητα. Για τη λύση, να υποτεθεί ότι οι σχάσεις γίνονται μόνο με θερμικά νετρόνια ενέργειας 0.025 eV, ότι η ενέργεια ανά σχάση είναι E_f = 200 MeV και ότι $\alpha_{U\text{-}235}$ = 0.182. Δίνονται επίσης: 1 HP = 746 W, 1 MeV = 4.45×10^{-20} kWh, $AB_{U\text{-}235} \approx 235$.

10. Πυρηνοηλεκτρικός σταθμός ηλεκτρικής ισχύος 200 MW, διαθέτει αντιδραστήρα φυσικού ουρανίου θερμικής ισχύος 600 MW.

    (α) Ποια θα ήταν η ημερήσια κατανάλωση σε g U-235, αν μπορούσε να μετατραπεί όλη η μάζα του U-235 σε ενέργεια;

    (β) Ποια θα ήταν η ημερήσια κατανάλωση σε g U-235, αν δεν υπάρχει άλλου είδους καταστροφή πυρήνων U-235, εκτός από σχάσεις κάθε μία εκ των οποίων αποδίδει 200 MeV;

    (γ) Αν για την ενέργεια των νετρονίων που προκαλούν σχάσεις U-235, είναι σc/σf = 0.105, ποια είναι η ημερήσια κατανάλωση σε g U-235;

    (δ) Για την περίπτωση (γ), να υπολογισθεί η μάζα του φυσικού ουρανίου στην οποία περιέχεται η καταναλισκόμενη μάζα του U-235.

    (ε) Για σύγκριση με την περίπτωση (γ) να υπολογισθεί η ημερήσια κατανάλωση πετρελαίου για θερμοηλεκτρικό σταθμό με την ίδια θερμική ισχύ για πετρέλαιο με θερμογόνο ικανότητα 10500 $kCalkg^{-1}$.

    Δίνονται: Από την ισοδυναμία μάζας - ενέργειας 1 g = 2.50×10^{7} kWh. $AB_{U\text{-}235} \approx 235$. 1 MeV = 2.23×10^{-22} kWh

11. Να υπολογισθεί η συγκέντρωση (gL^{-1}) διαλύματος ένωσης $^{239}PuO_2(NO_3)_2$ σε "φυσικό ύδωρ" ώστε αυτό να γίνεται κρίσιμο σύστημα απείρων διαστάσεων. Δίνονται: $\eta_{ένωσης}$ = 2.03, $\sigma_a(Pu)$ = 1015 b, $\sigma_a(H_2O)$ = 0.664 b, $\sigma_a(N)$ = 1.85 b, $\sigma_a(O)$ = 0 b, $MB_{ένωσης}$ = 395.06, $MB(H_2O)$ = 18.02

12. Σε αντιδραστήρα θερμικών νετρονίων, όπου το πυρηνικό καύσιμο είναι ελαφρά εμπλουτισμένο ουράνιο, ο μέσος κύκλος ζωής των νετρονίων περιγράφεται έτσι:
    - 13% των νετρονίων σχάσης παθαίνουν εκλεκτική ραδιενεργή ενσωμάτωση σε πυρήνες U-238 και 3% των νετρονίων σχάσης χάνονται από διαρροές.
    - 5% των νετρονίων που εισέρχονται στη φάση της επιβράδυνσης διαρρέουν έξω από τον αντιδραστήρα κατά το στάδιο αυτό (της επιβράδυνσης), ενώ τα υπόλοιπα γίνονται θερμικά.
    - Από τα νετρόνια, που γίνονται θερμικά, 82% απορροφούνται από το πυρηνικό καύσιμο.

- Τα 74% των νετρονίων, που απορροφούνται από το πυρηνικό καύσιμο, απορροφούνται σε πυρήνες U-235.

Σύμφωνα με τον παραπάνω κύκλο ζωής των νετρονίων, να υπολογιστεί ο συντελεστής πολλαπλασιασμού του αντιδραστήρα αυτού. Σημείωση: Να μη ληφθούν υπόψη οι σχάσεις U-238 με "ταχέα" νετρόνια. Δίνονται:

ν (U-235) = 2.44 , α (U-235) = 0.175

13. Πυρηνοηλεκτρικός σταθμός (ΠΗΣ) χρειάζεται 150000 kg ουρανίου εμπλουτισμένου κατά βάρος 2.28% σε Θ-235. Το εμπλουτισμένο αυτό Ουράνιο παράγεται με εμπλουτισμό φυσικού Ουρανίου σε εργοστάσιο εμπλουτισμού. Τα κατάλοιπα της διαδικασίας εμπλουτισμού περιέχουν 0.2% κ.β. U-235. αν υποτεθεί ότι κατά τη διαδικασία εμπλουτισμού διατηρείται η συνολική μάζα του Ουρανίου και η μάζα του U-235, να υπολογισθεί η ποσότητα φυσικού Ουρανίου που απαιτείται για την παραγωγή του αναφερθέντος εμπλουτισμένου Ουρανίου του ΠΗΣ.

14. Διατίθενται δύο ομογενή μίγματα από τα ίδια υλικά (επιβραδυντής και ένα είδος σχάσιμοι πυρήνες) σε διαφορετικές όμως αναλογίες. Ο συντελεστής πολλαπλασιασμού απείρου συστήματος του πρώτου μίγματος είναι 1.205, ενώ του δευτέρου είναι 1.625. Σχηματίζεται νέο ομογενές μίγμα με ανάμιξη ίσων όγκων από τα δύο ανωτέρω μίγματα. Ζητείται ο συντελεστής k_∞ του νέου μίγματος, αν η σταθερή η_T των σχάσιμων πυρήνων έχει τιμή: $\eta_T=2.115$. Και στις τρεις περιπτώσεις να γίνει δεκτό, ότι η πυκνότητα πυρήνων του επιβραδυντή δεν επηρεάζεται από την οποιαδήποτε περιεκτικότητα του μίγματος σε σχάσιμους πυρήνες.

15. Έστω ομογενές μίγμα επιβραδυντή και πυρηνικού καυσίμου καθορισμένης αναλογίας και σταθερής θερμοκρασίας για το οποίο είναι γνωστό ότι ο συντελεστής πολλαπλασιασμού νετρονίων, για σύστημα απείρου εκτάσεως έχει τιμή $k_\infty=1.750$. Έστω B_g^2 η γεωμετρική παράμετρος κρισιμότητας συστήματος πεπερασμένων διαστάσεων από το υπόψη μίγμα. Συγκροτείται σύστημα κάποιας γεωμετρίας του οποίου η γεωμετρική παράμετρος είναι $B^2 = 2B_g^2$. Δίνεται ότι το σύστημα αυτό –που για προφανείς λόγους είναι υποκρίσιμο, παρουσιάζει παράμετρο κρισιμότητας $k_e=0.610$. Ζητούνται, να υπολογισθούν, οι ακόλουθες

μέσες πιθανότητες: (α) η πιθανότητα, P_f, μη διαφυγής του συνόλου των ταχέων νετρονίων σχάσεως, κατά τη φάση της επιβραδύνσεως και (β) η πιθανότητα, P_t, μη διαφυγής των θερμικών νετρονίων για το κρίσιμο σύστημα γεωμετρικής παραμέτρου B_g^2.

16. Δίνεται γυμνή κρίσιμη σφαίρα, ακτίνας *R=125cm*, από ομογενές μίγμα επιβραδυντή και σχάσιμων πυρήνων. Με μετρήσεις που έγιναν στη σφαίρα βρέθηκαν τα εξής: (i) Διαφυγές θερμικών νετρονίων από τη σφαίρα: $8x10^{20}$ νετρ. s^{-1}. (ii) Απορροφήσεις θερμικών νετρονίων στη σφαίρα: $32x10^{20}$ νετρ. s^{-1}. Ζητούνται: (α) Το μήκος διαχύσεως θερμικών νετρονίων στο ομογενές υλικό, από το οποίο είναι συγκροτημένη η σφαίρα.

17. Ομογενές μίγμα επιβραδυντή και πυρηνικού καυσίμου παρουσιάζει συντελεστή πολλαπλασιασμού απείρου συστήματος ίσο με 1.385. Με το μίγμα αυτό συγκροτείται γυμνή σφαίρα όγκου ίσου προς τον όγκο γυμνού κρισίμου κυβικού συστήματος, συγκροτημένου επίσης από το ίδιο μίγμα. Ζητείται η σταθερή κρισιμότητας της πιο πάνω σφαίρας, θεωρώντας ότι τόσο το κυβικό όσο και το σφαιρικό σύστημα είναι πολύ μεγάλων διαστάσεων, βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία και το μήκος γραμμικής επέκτασης είναι αμελητέο.