جـامعة الملك سعود

كليـــــة العـــــلوم

قسم الفيزيــــــــاء والفلك

الاختبار النهائي، المقرر "٥٨٤" فيزياء المفاعلات النووي
الفصل الأول ١٤٢٣/١٤٢٢ هـ

Answer any six questions **أجبي عن أي ستة أسئلة من الأسئلة التالية**

Q(1,a): Calculate the mass of ^{235}U that is consumed by 1MW reactor in one year.

(b): A thin foil of sodium metal (^{21}Na) of volume $10^{-6}cm^3$ is subjected to thermal neutron flux of 10^{13} $n/cm^2.s$ for a period of one hour. If the half life ($t_{1/2}$) of the newly made radioactive sodium (^{22}Na) is 2.6 y, calculate the activity of the source. (assume that $t_{1/2}$>> irradiation period).

س(١،أ): أحسبي كتلة اليورانيوم ^{235}U والتي يستهلكها مفاعل في سنة واحدة إذا كانت قدرته تساوي 1MW

(ب): عرضت شريحة من الصوديوم (^{21}Na) حجمها يساوي $10^{-6}cm^3$ لتدفق نيوترونات حرارية مقداره 10^{13} $n/cm^2.s$ ولمدة طولها ساعة واحدة. إذا كان نصف العمر ($t_{1/2}$) للنظير الصوديوم الناتج (^{22}Na) يساوي 2.6 y فأحسبي الشدة الاشعاعية للمصدر الناتج. (إفترضي أن نصف العمر ($t_{1/2}$) >> مدة التشعيع).

1eV = $1.6x10^{-19}$ J, Energy released/ fission = 200MeV, N = $6.03x10^{23}$ atoms/gm mole, 1y = $3.15x10^7$ s, $\rho_{(Na)}$ = 1.013 gm/cm^3, $\sigma_{a(Na)}$ = 0.505 b

---

Q(2,a): Calculate the highest value (E_o = 16.6eV) for the microscopic capture cross section (σ_c) for silver metal (^{107}Ag) if the partial resonance width at half maximum for neutron scattering is, Γ_n = 0.0048eV and that for gamma excitation is, Γ_γ = 0.17eV.

(b): Calculate the regeneration factor (η) for 7% enriched uranium fuel.

س(٢،أ): أحسبي أعلى قيمة (E_o = 16.6eV) لمقطع الاسر العرضي المجهري (σ_c) لمادة الفضة (^{107}Ag) إذا كان العرض الجزئي الرنيني لنصف عند نصف القمة للتشتت النيوتروني هو Γ_n = 0.0048eV وذاك للإثارة الجامية هو Γ_γ = 0.17eV .

(ب): أحسب معامل إعادة التوالد (η) لوقود يورانيوم مشبع بنسبة 7%

m_n= $1.67x10^{-27}$kg, h = $6.63x10^{-34}$J.s, 1eV = $1.6x10^{-19}$J, $\sigma_{f(235)}$ = 582 b,
$\sigma_{c(235)}$ = 101 b, $\sigma_{f(238)}$ = 0.0 b ,$\sigma_{c(238)}$ = 2.73 b , $\bar{\nu} = 2.43$ fast neutrons/fission

---

Q(3,a): For Samarium (Sm), Calculate:

1- The cross section (σ_p) at a temperature of 106.4^{o}C, (T_o= 273.6 K).
2- The effective cross section ($\bar{\sigma}$).

(b): Given that $\zeta = \overline{\ln\left(\frac{E_o}{E}\right)}$ and $\int_{\alpha E}^{E_o} P(E)dE = 1$ where $P(E) = \frac{1}{E_o(1-\alpha)}$ and $\int \ln x dx = x\ln x - x$, prove that $\zeta = 1 + \frac{\alpha \ln\alpha}{1-\alpha}$

س(٣،أ): لعنصر السماريوم (Sm) احسبي:
١- المقطع العرضي (σ_p) عند درجة حراره مقدارها 106.4^oC ، (T_o = 273.6 K).
٢- المقطع العرضي الفعال ($\overline{\sigma}$.)

σ_p^o = 5600b, $f_{1/v} = 1.5$

(ب): إذا أعطيت أن: $\zeta = \overline{\ln\left(\frac{E_o}{E}\right)}$ وأن $\int_{\alpha E}^{E_o} P(E)dE = 1$ حيث أن $P(E) = \frac{1}{E_o(1-\alpha)}$ وأن
$\int \ln x dx = x\ln x - x$ فأثبتي أن $\zeta = 1 + \frac{\alpha \ln\alpha}{1-\alpha}$

Q(4,a): Starting with n_o of fast neutrons in a critical reactor, describe the neutrons complete cycle giving the name, the maximum or minimum value a parameter can take and explaining the role of each of the parameters in the criticality equation: $k_{eff} = \varepsilon p f \eta l_f l_{th}$.

(b): Calculate the value of the non-escape resonance probability (p) in a reactor that uses natural uranium as fuel and graphite (^{12}C) as moderator in atomic ratio equal to 1:400 respectively.

س(٤،أ): مبتدأة بعدد n_o من النيوترونات السريعة في مفاعل حرج حراري، صفي الدورة الكاملة للنيوترونات مع إعطاء إسم واعلى أو اقل قيمة لكل معامل مع شرح دور كل من المعاملات الواردة في معادلة الحرجية: $k_{eff} = \varepsilon p f \eta l_f l_{th}$

(ب): أحسبي قيمة إحتمالية عدم الهروب الرنيني (p) في مفاعل يستخدم اليورانيوم الطبيعي كوقود والجرافيت (^{12}C) كمهديء وبنسبة ذرية تساوي 1 :400 على التوالي.

$\frac{N_{(35)}}{N_{(38)}} = \frac{1}{139}$, $\sigma_{s(u)}$ = 8.3 b, $\sigma_{s(c)}$ = 4.8 b, $\zeta_{(C)}$ = 0.158.

Q(5,a): For an infinite point source, Derive the relation: $\overline{r^2} = 6L^2$ if $\phi(r) = \frac{3Q}{4\pi\lambda_{tr}} \frac{e^{-r/L}}{r}$ and $L^2 = \frac{\lambda_{tr}\lambda_a}{3}$

(b): A mixture of uranium and moderator solution is to be stored in a cylinder shape container. Given that the material buckling B_m^2 of the mixture is 0.025cm^{-2}, calculate the largest height a cylindrical container can have before becoming critical if its base radius is 50cm.

س(٥،أ): لمصدر نقطي لانهائي، إشتقي العلاقة: $\overline{r^2} = 6L^2$ إذا كان $\phi(r) = \frac{3Q}{4\pi\lambda_{tr}} \frac{e^{-r/L}}{r}$
و $L^2 = \frac{\lambda_{tr}\lambda_a}{3}$.

(ب): يراد خزن محلول مكون من اليورانيوم والمهديء في حاوية على شكل إسطوانه. إذا كان معامل إنحناء المادة B_m^2 لهذا الخليط يساوي $0.025cm^{-2}$ ، أحسبي أكبر إرتفاع ممكن للحاوية قبل أن تصل الى حالة الحرجية إذا كان نصف قطر قاعدتها يساوي 50cm

---

Q(6,a): Find the critical volume of a spherical reactor given:

$$\frac{d^2\phi}{dr^2}+\frac{2}{r}\frac{d\phi}{dr}+B^2\phi=0 \quad \text{where } \phi=\frac{A}{r}\sin(\pi r/R)$$

(b): Calculate the critical mass and the critical volume for pure uranium (^{235}U) in a thermal cubical reactor using graphite as moderator if the true length (a_m) of each side of the reactor is 298.4cm.

س(٦،أ): أوجدي الحجم الحرج لمفاعل كروي الشكل إذا كان: $\frac{d^2\phi}{dr^2}+\frac{2}{r}\frac{d\phi}{dr}+B^2\phi=0$

و $\phi=\frac{A}{r}\sin(\pi r/R)$

(ب): أحسبي الكتلة الحرجة والحجم الحرج لليورانيوم (^{235}U) النقي في مفاعل حراري مكعب الشكل يستخدم الجرافيت كمهديء والطول الحقيقي (a_m) لضلع المفاعل يساوي 298.4 cm

$$\rho_{(c)}=1.62gm/cm^3,\ \rho_{(u)}=19.05gm/cm^3,\ \frac{N_{(c)}}{N_{(u)}}=10^6$$

Q(7): Use the steady state: core equation: $\frac{d^2\phi_c}{dx^2}+B_c^2\phi_c=0$ and reflector equation: $\frac{d^2\phi_r}{dx^2}+\frac{1}{L_r^2}\phi_r=0$ in one –group calculation to derive the general equation for reactor saving parameter (δ) for an infinite slab reactor.

(Suggested solutions are:

$$\phi_c=a_c\cos(B_c x)+b_c\sin(B_c x) \quad \text{and} \quad \phi_r=a_r\exp\left(\frac{x}{L_r}\right)+b_r\exp\left(-\frac{x}{L_r}\right)$$

You can take: $\frac{e^m+1}{e^m-1}=\coth(m/2)$, Where m is any variable.

(Note: make the necessary assumptions and apply the needed boundary conditions).

س(٧): أستخدم معادلة الإتزان: للمفاعل $\frac{d^2\phi_c}{dx^2}+B_c^2\phi_c=0$ ومعادلة العاكس $\frac{d^2\phi_r}{dx^2}+\frac{1}{L_r^2}\phi_r=0$ في حسابات المجموعة الواحدة لإشتقاق المعادلة العامة لمعامل التوفير (δ) لمفاعل الصفيحة اللانهائية.

الحلول المقترحة: $\phi_c=a_c\cos(B_c x)+b_c\sin(B_c x)$ و $\phi_r=a_r\exp\left(\frac{x}{L_r}\right)+b_r\exp\left(-\frac{x}{L_r}\right)$

يمكن إستخدام العلاقة: $\frac{e^m+1}{e^m-1}=\coth(m/2)$ حيث أن m قد تكون أي متغير.
