**İTÜ**

**lİsansüstü DERS KATALOG FORMU**

**(graduate Course Catalogue ForM)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dersin Adı** | | | | | **Course Name** | | | |
| Nükleer Yakıt Teknolojisi | | | | | Nuclear Fuel Technology | | | |
| **Kodu**  **(Code)** | **Yarıyılı**  **(Semester)** | | **Kredisi**  **(Local Credits)** | **AKTS Kredisi**  **(ECTS Credits)** | | | **Ders Seviyesi**  **(Course Level)** | |
| RBT 517 | Güz  (Fall) | | 3 | 7.5 | | | YL  (M.Sc.) | |
| **Lisansüstü Program**  **(Graduate Program)** | | Nükleer Araştırmalar Anabilim Dalı / Radyasyon Bilim ve Teknoloji Programı  Nuclear Research Division / Radiation Science and Technology Program | | | | | | |
| **Dersin Türü**  **(Course Type)** | | Seçmeli  (Elective) | | | | **Dersin Dili**  **(Course Language)** | | Türkçe  (Turkish) |
| **Dersin İçeriği**  **(Course Description)**  *30-60 kelime arası* | | Nükleer yakıtlar, yakıt değerleri ve nükleer özellikleri, nükleer yakıt çevrimi, nükleer fisyon ve füzyon, nükleer reaktörler, uranyum ve toryumun dünya rezervleri, üretimleri, uranyumun reaktör yakıtı olarak hazırlanışı, özütleme, iyon değiştirme ve solvent ekstraksiyon prosesleri, sarı pasta üretimi, uranyumun rafinasyonu, nükleer yakıt bileşiklerinin üretimi, uranyumun zenginleştirilmesi, sinterlenmesi, yakıt elemanı imalatı, kullanılmış yakıtın tekrar işlenmesi, tekrar işleme prosesleri. | | | | | | |
| Nuclear fuels, fuel values and nuclear properties, nuclear fuel cycle, nuclear fission and fusion, nuclear reactors, the world reserves of uranium and thorium, production of them, the preparation of uranium as reactor fuel, leaching, the processes of ion exchange and solvent extraction, yellow cake production, uranium refinement, production of nuclear fuel components, enrichment of uranium, sintering, manufacturing of fuel elements, re-processing of used fuel, re-processing. | | | | | | |
| **Dersin Amacı**  **(Course Objectives)**  *Maddeler halinde 2-5 adet* | | 1. Nükleer yakıt teknolojisi ve temel bölümlerini (yakıt hazırlama, tekrar işleme ve atık idaresi) tanımasını, 2. Nükleer enerjinin temel bilgilerini ve prensiplerini (nükleer yakıtlar, fisyon teorisi, zincirleme reaksiyon, kritiklik) kavramasını, 3. Nükleer reaktörler ve konvansiyonel nükleer yakıt yapımı bilgilerinin kavramasını, 4. Bu alandaki yeni gelişmeleri izleyebilmesini ve bilgi kazanmasını sağlamaktır. | | | | | | |
| 1) To ensure that to recognize the nuclear fuel technology and the basic components (fuel preparation, reprocessing and waste management),  2) To understand the rudiments and the basic principles of nuclear energy (nuclear fuel, fission theory, chain reaction, criticality),  3) To gain information on nuclear reactors and conventional nuclear fuel production,  4) To gain knowledge and to follow new progresses in this area. | | | | | | |
| **Dersin Öğrenme**  **Çıktıları**  **(Course Learning Outcomes)**  *Maddeler halinde 4-9 adet* | | Bu dersi başarıyla tamamlayan yüksek lisans öğrencileri aşağıdaki konularda bilgi, beceri ve yetkinlik kazanırlar;   1. Nükleer yakıtın temel özelliklerini ve kontrollü zincir reaksiyonun temel prensiplerini kavrayabilme; 2. Dört çarpan formülünün temel bileşenlerini kavrayarak, uygulayabilme; 3. η faktörünün anlamını kavrayarak çeşitli zenginlikteki yakıtlar için hesaplayabilme; 4. Nükleer yakıt teknolojisinin temel bileşenlerini kavrayarak aralarında ilişki kurabilme; 5. Uranyum yakıt kimyasının temel prensiplerini kavrayabilme; 6. Uranyumun geri kazanılması, konsantre edilmesi ve rafinasyonu aşamalarındaki temel prosesleri kavrayarak izleyebilme. | | | | | | |
| M.Sc. students who successfully pass this course gain knowledge, skill and competency in the following subjects;   1. To understand the basic principles of nuclear fuel and chain reaction; 2. To understand and implement the basic components of four factor formula; 3. To understand the meaning of η factor and calculate for various enrichment fuel; 4. To understand and relate the basic components of nuclear fuel technology; 5. To understand the basic principles of uranium fuel chemistry; 6. To understand and follow the basic process in recovery, concentration and refinement of uranium. | | | | | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ders Kitabı**  **(Textbook)** | Nash K., Lumetta G., Advanced Separation Techniques for Nuclear Fuel Reprocessing and Radioactive Waste Treatment, Woodhead Publishing, USA, 2011. | | |
| **Diğer Kaynaklar**  **(Other References)**  *Maddeler halinde en çok 5 adet* | 1. IAEA, The Nuclear Fuel Cycle Information System, 1996. 2. Uranium Resources, Production and Demand, OECD, Paris, 1990. 3. Benedict M., Pigfort T. H., Levy H. W., Nuclear Chemical Engineering, McGraw-Hill Book Company, Second Edition, USA, 1981. 4. Chopin G. R., Rydberg J., Nuclear Chemistry, Pergamon Press, England, 1980. | | |
| **Ödevler ve Projeler**  **(Homework & Projects)** | Öğrencilerin dersi daha iyi öğrenmelerine yardım etmesi amacıyla dönem boyunca dönem ödevi verilecek ve yarıyıl sonundaki haftalarda rapor olarak toplanacak ve öğrenciler tarafından sunum yapılacaktır. | | |
| To help students for learning and comprehending the course material better, 1 semester homework will be done and a report will prepared and presented in the last weeks of semester. | | |
| **Laboratuar Uygulamaları**  **(Laboratory Work)** |  | | |
|  | | |
| **Bilgisayar Kullanımı**  **(Computer Use)** |  | | |
|  | | |
| **Diğer Uygulamalar**  **(Other Activities)** |  | | |
|  | | |
| **Başarı Değerlendirme**  **Sistemi**  **(Assessment Criteria)** | **Faaliyetler**  **(Activities)** | **Adedi\***  **(Quantity)** | **Değerlendirmedeki Katkısı, %**  **(Effects on Grading, %)** |
| **Yıl İçi Sınavları**  **(Midterm Exams)** | **1** | **%20**  (20%) |
| **Kısa Sınavlar**  **(Quizzes)** | **2** | **%20**  **(%20)** |
| **Ödevler**  **(Homework)** | **1** | **%10**  (10%) |
| **Projeler**  **(Projects)** |  |  |
| **Dönem Ödevi/Projesi**  **(Term Paper/Project)** |  |  |
| **Laboratuar Uygulaması**  **(Laboratory Work)** |  |  |
| **Diğer Uygulamalar**  **(Other Activities)** |  |  |
| **Final Sınavı**  **(Final Exam)** | **1** | **%50**  (50%) |

**\***Yukarıda Belirtilen Sayılar Minimum Olup Yerine Getirilmesi Zorunludur.

**Ders Planı**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Hafta** | **Konular** | **Dersin**  **Çıktıları** |
| **1** | Nükleer yakıt teknolojisi ve temel bölümlerinin (yakıt hazırlama, tekrar işleme ve atık idaresi) ve nükleer yakıt çevriminin tanıtılması, fisyon teorisi, fisyon enerjisi, fisyon ürünlerinin kütle ve enerji dağılımı | 1 |
| **2** | Zincirleme reaksiyon, çoğalma faktörü, tesir kesitleri ve ortalama yol hesapları, zincirleme reaksiyon kontrolu, kritik kütlenin hesaplanması, tesir kesitleri ve ortalama serbest yol hesapları | 1 |
| **3** | Nükleer reaktörlerin temel bileşenleri (yakıt, yavaşlatıcı, soğutucu, kontrol çubukları ve yansıtıcı), görevleri ve yapı malzemelerinin tanıtılması | 1 |
| **4** | Homojen ve heterojen reaktörler, termal nükleer reaktörlerin prensipleri, dört çarpan formülü, η faktörü ve çeşitli yakıt zenginliklerinde hesaplanması | 2,3 |
| **5** | Reaktörün gücü ve hesaplanması, reaktörlerin sınıflandırılması ve yakıt tipleri | 4 |
| **6** | Yakıt teknolojisinde önemli uranyum bileşikleri, uranyum kaynakları, uranyum ihtiva eden başlıca mineraller | 4,5 |
| **7** | Uranyumun kimyası, uranyum çözelti kimyası | 5 |
| **8** | Cevherden uranyum ekstraksiyonu, uranyum cevher işleme | 5,6 |
| **9** | Özüteme kimyası, asit ve alkali özütleme, özütleme parametreleri ve yöntemleri, özütleme çözeltisinin deriştirilmesi, iyon değiştiriciler | 5,6 |
| **10** | Solvent ekstraksiyonunun temel prensipleri, temel komponentleri, görevleri ve uygulamaları | 6 |
| **11** | Uranyumun çöktürülmesi, sarı pasta üretimi | 6 |
| **12** | Uranyum rafinasyonu ve uranyum rafinerileri, ilgili uranyum bileşiklerinin eldesi | 6 |
| **13** | Uranyumun reaktör yakıtı olarak hazırlanması | 6 |
| **14** | Yakıt üretimi, nükleer yakıt teknolojisinin diğer konuları, uranyum zenginleştirme yöntemleri | 6 |

**COURSE PLAN**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Weeks** | **Topics** | **Course Outcomes** |
| **1** | Introduce the nuclear fuel technology and the basic components (fuel preparation, reprocessing and waste management) and nuclear fuel cycle, fission theory, fission energy, mass and energy distributions of fission products | 1 |
| **2** | Chain reaction, growth factor, control of chain reaction, calculation of critical mass, calculation of cross sections and mean free path | 1 |
| **3** | Introduce the basic components of nuclear reactors (fuel, moderator, cooler, control rods and reflector), their functions and building materials | 1 |
| **4** | Homogeneous and heterogeneous reactors, the principles of thermal nuclear reactors, four factor formula, η factor and calculation for differently enriched fuels | 2,3 |
| **5** | Reactor power and calculation, classification of nuclear reactors and types of fuel | 4 |
| **6** | The significant uranium compound in the fuel technology, uranium sources, the mainly minerals consist of uranium | 4,5 |
| **7** | Uranium chemistry, uranium solution chemistry | 5 |
| **8** | Uranium extraction from ore, uranium ore processing | 5,6 |
| **9** | Leaching chemistry, acid and alkaline leaching, leaching parameters and methods, optimization of leaching test results, the leaching solution changing, ion-exchangers | 5,6 |
| **10** | The basic principles of solvent extraction, basic components, their tasks and applications | 6 |
| **11** | Precipitation of uranium, production of yellow cake | 6 |
| **12** | Uranium refinement and uranium refining, production of related uranium compounds | 6 |
| **13** | Preparation of uranium as reactor fuel | 6 |
| **14** | Fuel production, the other subjects of nuclear fuel technology, uranium enrichment methods | 6 |

## Dersin Radyasyon Bilim ve Teknoloji Yüksek Lisans Programıyla İlişkisi

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Programın mezuna kazandıracağı bilgi, beceri ve yetkinlikler (programa ait çıktılar)** | **Katkı Seviyesi** | | |
| **1** | **2** | **3** |
| **i.** | Lisans düzeyi yeterliliklerine dayalı olarak, alanının ilişkili olduğu disiplinler arası etkileşimi kavrayabilme, ilgili program alanında bilgilerini uzmanlık düzeyinde geliştirebilme ve derinleştirebilme (*bilg*i). | X |  |  |
| **ii.** | Alanında edindiği uzmanlık düzeyindeki kuramsal ve uygulamalı bilgileri kullanabilme, farklı disiplin alanlarından gelen bilgilerle bütünleştirip yorumlayarak yeni bilgiler oluşturabilme ve karşılaşılan sorunları araştırma yöntemlerini kullanarak çözümleyebilme (*beceri*). |  | X |  |
| **iii.** | Alanı ile ilgili uzmanlık gerektiren bir çalışmayı, bilgi ve becerilerini eleştirel bir yaklaşımla değerlendirip, öğrenmesini yönlendirerek, bağımsız olarak yürütüp, karşılaşılan ve öngörülemeyen karmaşık sorunların çözümü için yeni stratejik yaklaşımlar geliştirerek sorumluluk alıp, liderlik yaparak çözüm üretebilme *(Bağımsız Çalışabilme, Sorumluluk Alabilme ve Öğrenme Yetkinliği).* |  |  |  |
| **iv.** | Alanındaki güncel gelişmeleri ve kendi çalışmalarını, nicel-nitel veriler ile destekleyerek, gerekli düzeyde bilgisayar yazılımı ile birlikte bilişim ve iletişim teknolojilerini kullanarak, sosyal ilişkileri ve bu ilişkileri yönlendiren normları eleştirel bir bakış açısı ile de inceleyerek geliştirip ve gerektiğinde değiştirerek alanındaki ve alan dışındaki gruplara, yazılı*, sözlü ve görsel olarak sistemli biçimde aktarabilme (İletişim ve Sosyal Yetkinlik).* |  |  | X |
| **v.** | Bir yabancı dili en az Avrupa Dil Portföyü B2 genel düzeyinde kullanarak sözlü ve yazılı iletişim kurabilme, kendi çalışmalarını, alanındaki uluslararası platformlarda, yazılı, sözlü ve/veya görsel olarak aktarabilme *(İletişim ve Sosyal Yetkinlik).* |  |  |  |
| **vi.** | Alanı ile ilgili verilerin toplanması, yorumlanması, uygulanması ve duyurulması aşamalarında toplumsal, bilimsel, kültürel ve etik değerleri gözeterek denetleyebilme, bu değerleri öğretebilme, ilgili konularda strateji, politika ve uygulama planları geliştirebilme ve elde edilen sonuçları, kalite süreçleri çerçevesinde değerlendirebilme, özümsediği bilgiyi, problem çözme ve/veya uygulama becerilerini, disiplinlerarası çalışmalarda kullanabilme *(Alana Özgü Yetkinlik).* | X |  |  |
| **1: Az, 2. Kısmi, 3. Tam** | | | | |

## Relationship between the Course and Radiation Science and Technology MSc Program

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Program Outcomes** | **Level of Contribution** | | |
| **1** | **2** | **3** |
| **i.** | Grasping interdisciplinary interaction related to one’s area and developing and intensifying the current and high knowledge in that area based upon the competency in graduate level (*knowledge*). | X |  |  |
| **ii.** | By means of ability to use theoretical and practical information related to one’s area, to combine and interpret them with information from different disciplines producing new information and solving the faced problems by related searching methods (*skill*). |  | X |  |
| **iii.** | By means of the ability to critically analyze knowledge, skills and also a study related to one’s area that requires expertise on that area, directing and continuing independently, developing new strategies for the problems that are not foreseen and taking the responsibilities together with fulfilling the leader role, the ability to produce solutions for that problems (*competence to work independently, competence to take responsibility, competence to learning*). |  |  |  |
| **iv.** | By means of the ability to promote current development and studies by supporting with qualitative and quantitative data and to use computer software together with information and communication technologies with a required level, critical analyzing, developing and altering, if required, social relationships and the norms directing these relationships, establishing written oral and visual communication with groups within one’s or different fields (*communication and social competency*). |  |  | X |
| **v.** | Proficiency in a foreign language –at least European Language Portfolio B2 Level- and establishing written, oral and visual communication with that language for presenting one’s studies in the international environment (*communication and social competency*). |  |  |  |
| **vi.** | By means of the ability to inspect the steps like gathering, interpreting, implementing and announcing related data with the one’s area by overseeing scientific, cultural and ethical norms, teaching these norms, developing strategy, policy and action plans in related subjects and evaluating the obtained results by making the use of quality processes, using the gathered information and solving problems and/or implementation skills in the interdisciplinary strategies (*area specific competency*). | X |  |  |
| **1: Little, 2. Partial, 3. Full** | | | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Düzenleyen (Prepared by)*** | **Tarih (Date)** | İmza (Signature) |