**İTÜ**

**lisansüstü DERS KATALOG FORMU**

**(graduate Course Catalogue ForM)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dersin Adı** | | | | | **Course Name** | | | |
| Termoelektrik Enerji Dönüşümü | | | | | Thermoelectric Energy Conversion | | | |
| **Kodu**  **(Code)** | **Yarıyılı**  **(Semester)** | | **Kredisi**  **(Local Credits)** | **AKTS Kredisi**  **(ECTS Credits)** | | | **Ders Türü**  **(Course Type)** | |
| EBT624E | Bahar/Spring | | 3.0 | 7.5 | | | Doktora  Ph.D. | |
| **Bölüm / Program**  **(Department/Program)** | | Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı / Enerji Bilim ve Teknoloji Lisansüstü Programı  Energy Science and Technology Division / Energy Science and Technology Program | | | | | | |
| **Dersin Türü**  **(Course Type)** | | Seçmeli  (Elective) | | | | **Dersin Dili**  **(Course Language)** | | Türkçe / Ingilizce  (Turkish/ English) |
| **Dersin İçeriği**  **(Course Description)**  *30-60 kelime arası* | | Bu derste temel olarak malzemelerin termoelektrik davranışları ve sınırlarının fiziksel ve matematiksel ayrıntıları ile mühendislik tasarımının ve uygulamalarının ilkeleri incelenecektir. Hacimsel ve nano yapılı termoelektrik yarı iletken malzemelerde elektron ve boşluk transportu ile malzemelerin termoelektrik özellikleri üzerinde ölçek ve malzeme bileşimlerinin etkileri ele alınacaktır. Ayrıca, termoelektrik enerji dönüşüm sistemlerinin mühendislik tasarımının prensipleri ve termoelektrik teknolojideki yeni gelişmeler tartışılacaktır. | | | | | | |
| In this course, mainly the physical and mathematical details of thermoelectrical behavior of materials with the limitations are examined besides the principles of their engineering design and applications. Electron and hole transport in bulk and nano structured thermoelectric semiconductor materials as well as the effects of size and material composition on thermoelectric properties of materials are considered. Moreover, principles of engineering design of thermoelectric energy conversion systems and recent developments in thermoelectric technology are discussed. | | | | | | |
| **Dersin Amacı**  **(Course Objectives)**  *Maddeler halinde 2-5 adet* | | 1. Termoelektrik enerji dönüşümüne ilişkin süreçlerin ve malzemelerin fiziğini öğretmek,  2. Termoelektrik enerji dönüşümünü kullanan sistemlerin mühendislik tasarımı ve uygulamaları konusunda tecrübe kazandırmak,  3. Termoelektrik teknolojinin uygulama ve araştırmalarında çalışmak isteyen öğrencilere geniş bir alt yapı sağlamaktır | | | | | | |
| 1. To teach the physics of thermoelectric processes and materials  2. To provide experience on engineering design and applications of thermoelectric devices  3. To provide a solid background for the students on applied and fundamental researches in thermoelectric technology | | | | | | |
| **Dersin Öğrenme**  **Çıktıları**  **(Course Learning Outcomes)**  *Maddeler halinde 4-9 adet* | | Bu dersi başarıyla tamamlayan doktora öğrencileri aşağıdaki konularda bilgi, beceri ve yetkinlik kazanırlar;   1. Termoelektrik etkiler ve enerji dönüşümü konularındaki temel bilgileri kullanabilmek 2. Termoelektrik modüllerin davranışlarını kavrayabilmek ve modelleyebilmek 3. Termoelektrik malzemeleri tanıma ve özelliklerinin ölçüm tekniklerini öğrenmek 4. Termoelektrik malzemelerin fiziksel özelliklerini türetebilmek 5. Termoelektrik sistemler için malzeme seçimi ve sistem tasarımını yapabilmek | | | | | | |
| Ph.D. students who successfully pass this course gain knowledge, skills and proficiency in the following subjects;   1. To use basic knowledge on thermoelectric effects and energy conversion 2. To understand and model the behavior of thermoelectric modules 3. To learn the thermoelectric materials and the measuring techniques of their properties 4. To derive the physical properties of thermoelectric materials 5. To chose the proper materials for thermoelectric systems and to design a thermoelectric system | | | | | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ders Kitabı**  **(Textbook)** |  | | |
| **Diğer Kaynaklar**  **(Other References)**  *Maddeler halinde en çok 5 adet* | 1. Goldsmid, H.J., Introduction to Thermoelectricity, Springer, London, 2010. 2. Veljco Z., Alex H., Properties and Applications of Thermoelectric Materials, Springer Dortrecht, 2009. 3. Rowe, D. M., Thermoelectrics Handbook: Macro to Nano, CRC Press Taylor and Francis, Boca Raton, 2006 4. Ghatak K.P., Bhattacharya S., Thermoelectric Power in Nano Structured Materials, Springer, London, 2010 5. Nolas,G.S., Sharp, J., Goldsmid H.J.,Thermoelectrics: Basic Principles and New Materials Developments, Springer-Verlag, Berlin, 2001. 6. Goldsmid H.J., Thermoelectric Refrigeration, Springer, New York, 1995 7. Ashcroft, N.W., Mermin, N.D., Solid State Physics, Holt, Rinehart and  Winston, New York, 1976. | | |
| **Ödevler ve Projeler**  **(Homework & Projects)** | Öğrencilerin dersi daha iyi öğrenmelerine yardım etmesi amacıyla dönem boyunca 6 tane haftalık ödev verilecek ve bunlar bir hafta sonra toplanacaktır. | | |
| To help students for learning and comprehending the course material better, 6 problem sets should be assigned throughout the semester, and their solutions should be returned back in the subsequent week. | | |
| **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** | **% 30**  (30 %) |
| **Kısa Sınavlar**  **(Quizzes)** |  |  |
| **Ödevler**  **(Homework)** | **6** | **% 30**  (30 %) |
| **Projeler**  **(Projects)** |  |  |
| **Dönem Ödevi/Projesi**  **(Term Paper/Project)** |  |  |
| **Laboratuar Uygulaması**  **(Laboratory Work)** |  |  |
| **Diğer Uygulamalar**  **(Other Activities)** |  |  |
| **Final Sınavı**  **(Final Exam)** | **1** | **% 40**  (40 %) |

**Ders Planı**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Hafta** | **Konular** | **Dersin**  **Çıktıları** |
| **1** | Tersinmez termodinamiğin prensipleri, Onsager karşılıklılık ilişkileri ve çapraz etkiler olarak termoelektrik etkiler. | 1 |
| **2** | Seebeck, Peltier ve Thomson etkileri, termoelektrik enerji dönüşümünün ilkeleri ve uygulamaları | 1 |
| **3** | Termoelektrik korunum denklemleri ve çözümleri | 2 |
| **4** | Durağan ve geçici rejim çözümleri, sıcaklık bağımlı malzeme parametreleri durumunda çözümler | 2 |
| **5** | Açık devre gerilimi, kısa devre akımı, maksimum güç, maksimum verim bağıntıları, optimal yük ve optimal kesit alanı hesabı | 2 |
| **6** | Thermoelektrik modüller, uygulamaları ve performans değerlendirmeleri | 2 |
| **7** | Hacimsel ve nano yapılı termoelektrik malzemeler, yüksek ve düşük sıcaklıkta kullanılan termoelektrik malzemeler | 3 |
| **8** | Elektriksel iletkenlik, Seebeck katsayısı, ısıl iletkenlik ve ısıl difüzivitenin ölçüm teknikleri | 3 |
| **9** | İletken ve yarı iletken malzemelerde yük ve ısı geçişi | 4 |
| **10** | Elektriksel iletkenlik, ısıl iletkenliği ve Seebeck katsayısının relaksasyon zamanı yaklaşımı altında türetimi | 4 |
| **11** | Termoelektrik özellikler üzerinde ölçek etkileri, nano yapılarda gözlenen iyileşmenin fiziksel nedenleri ve modellemesi | 4 |
| **12** | Yarı iletken malzemelerin seçimi ve optimizasyonu | 5 |
| **13** | Termoelektrik jeneratör ve soğutucu sistemlerinin tasarım ilkeleri ve hesaplamaları | 5 |
| **14** | Termoelektrik teknolojilerde R&D çalışmalarındaki son gelişmeler | 5 |

**COURSE PLAN**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Weeks** | **Topics** | **Course Outcomes** |
| **1** | The principles of irreversible thermodynamics, Onsager reciprocity relations and thermoelectric effects as cross effects | 1 |
| **2** | Seebeck, Peltier and Thomson effects, principles of thermoelectric energy conversion, applications | 1 |
| **3** | Thermoelectric conservation equations and the solutions | 2 |
| **4** | Steady-state and transient state solutions, the solutions for the case of temperature- dependent material properties | 2 |
| **5** | Open circuit voltage, short circuit current, maximum power, maximum efficiency, optimal load and optimal cross section calculation | 2 |
| **6** | Thermoelectric modules, their applications and performance evaluations | 2 |
| **7** | Bulk and nano structured thermoelectric materials, thermoelectric materials for high and low temperature applications | 3 |
| **8** | Measurement techniques of electrical conductivity, Seebeck coefficient, thermal conductivity and thermal diffusivity | 3 |
| **9** | Charge and heat transport in conductor and semi conductor materials | 4 |
| **10** | Derivation of electrical conductivity, Seebeck coefficient and thermal conductivity under relaxation time approximation | 4 |
| **11** | Size effects on thermoelectric properties, physical explanations and modeling of the improvement observed in nano structures | 4 |
| **12** | Selection and optimization of semi conductor materials | 5 |
| **13** | Design principles and calculations of thermoelectric generator and refrigerator systems | 5 |
| **14** | Recent developments in R&D studies of thermoelectric technology | 5 |

## Dersin “Enerji Bilim ve Teknoloji Doktora Programı”yla İlişkisi

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Programın mezuna kazandıracağı bilgi, beceri ve yetkinlikler (programa ait çıktılar)** | **Katkı Seviyesi** | | |
| **1** | **2** | **3** |
| **i.** | Yüksek lisans yeterliliklerine dayalı olarak, enerji alanındaki güncel ve ileri düzeydeki bilgileri özgün düşünce ve/veya araştırma ile uzmanlık düzeyinde geliştirip, derinleştirerek, alanına yenilik getirecek özgün tanımlar oluşturup, disiplinlerarası etkileşimi kavrayabilme; yeni ve karmaşık fikirleri analiz, sentez ve değerlendirmede uzmanlık gerektiren bilgileri kullanarak özgün sonuçlara ulaşabilme (*bilg*i). |  |  | + |
| **ii.** | Enerji alanındaki yeni bilgileri sistematik bir yaklaşımla değerlendirip kullanarak, yenilik getiren, bir düşünce, yöntem, tasarım ve/veya uygulama geliştirebilme ya da bilinen bir düşünce, yöntem, tasarım ve/veya uygulamayı farklı bir alana uygulayabilme, özgün bir konuyu araştırıp, kavrayarak tasarlayabilme, uyarlayabilme ve uygulayarak yeni ve karmaşık düşüncelerin eleştirel analizini, sentezini ve değerlendirmesini yapıp çalışmalarında araştırma yöntemlerini kullanabilmede üst düzey beceriler kazanmış olma (*beceri*). |  |  | **+** |
| **iii.** | Enerji alanına yenilik getiren, yeni bir düşünce, yöntem, tasarım ve/veya uygulama geliştiren ya da bilinen bir düşünce, yöntem, tasarım ve/veya uygulamayı enerji alanına uygulayan özgün bir çalışmayı bağımsız olarak gerçekleştirerek, enerji alanındaki ilerlemeye katkıda bulunup, en az birer adet bilimsel makaleyi ulusal ve uluslararası hakemli dergilerde yayınlayarak bilginin sınırlarını genişletebilme *(Bağımsız Çalışabilme ve Sorumluluk Alabilme Yetkinliği).* |  |  | + |
| **iv.** | Özgün ve disiplinlerarası sorunların çözümlenmesini gerektiren ortamlarda liderlik yaparak yaratıcı ve eleştirel düşünme, sorun çözme ve karar verme gibi üst düzey zihinsel süreçleri kullanarak enerji alanı ile ilgili yeni düşünce ve yöntemler geliştirebilme *(Bağımsız Çalışabilme ve Sorumluluk Alabilme Yetkinliği). (Öğrenme Yetkinliği).* |  | + |  |
| **v.** | Sosyal ilişkileri ve bu ilişkileri yönlendiren normları eleştirel bir bakış açısıyla inceleyebilme, geliştirebilme ve gerektiğinde değiştirmeye yönelik eylemleri yönetebilme *(İletişim ve Sosyal Yetkinlik).* | + |  |  |
| **vi.** | Bir yabancı dili ileri düzeyde kullanarak yazılı, sözlü ve görsel iletişim kurup tartışarak, uluslararası platformlarda, uzman kişiler ile enerji alanındaki konuların tartışılmasında özgün görüşlerini savunabilme ve yetkinliğini gösteren etkili bir iletişim kurabilme *(İletişim ve Sosyal Yetkinlik).* |  | + |  |
| **vii.** | Enerji alanındaki bilimsel, teknolojik sosyal veya kültürel ilerlemeleri tanıtarak, yaşadığı toplumun bilgi toplumu olma ve bunu sürdürebilme sürecine katkıda bulunarak, sorunların çözümünde stratejik karar verme süreçlerini de kullanıp, işlevsel etkileşim kurarak toplumsal, bilimsel, kültürel ve etik sorunların çözümüne katkıda bulunabilme ve bu değerlerin gelişimini destekleyebilme *(Alana Özgü Yetkinlik).* |  |  | + |
|  | | | | |

**1: Az, 2. Kısmi, 3. Tam**

## Relationship between the Course and “Energy Science and Technology Ph.D. Program”

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Program Outcomes** | **Level of Contribution** | | |
| **1** | **2** | **3** |
| **i.** | By means of developing and intensifying the current and high level knowledge with the use of original thinking and/or research processes and in a specialistic level, based upon the competency in MS level, grasping the interdisciplinary interaction related to energy area and reaching original results by using this specialistic knowledge in analyzing, synthesizing and evaluating new and complex ideas (*knowledge*). |  |  | + |
| **ii.** | By means of the ability to evaluate and use new information in the energy area with a systematical approach, developing a new idea method, design and/or application which brings about innovation; or, applying a conventional idea, method, design and/or application to a different environment; researching, grasping and designing and applying an original subject, and also by the ability to critically analyze, synthesize and evaluate new and complex ideas, acquiring the most developed skills about using the research methods in studies within the energy area (*skill*). |  |  | **+** |
| **iii.** | By means of contributing to the progress in the energy area by independently carrying out a study which uses a new idea, method, design and/or application which brings about innovation in the energy area; or, applying a conventional idea, method, design and/or application to a different environment, expending the limits of knowledge by publishing at least one scientific article in a national and/or international peer reviewed journal (*competence to work independently and take responsibility*). |  |  | + |
| **iv.** | By means of fulfilling the leader role in the environment where solutions are sought for the original and interdisciplinary problems, developing energy area related new ideas and methods by making use of high-level intellectual processes such as creative and critical thinking, problem solving and decision making (*competence to work independently and take responsibility, learning competence*). |  | + |  |
| **v.** | Ability to see and develop social relationships and the norm directing these relationships with a critical look and ability to direct the actions to change these when necessary. (*Communication and social competency*). | + |  |  |
| **vi.** | By means of proficiency in a foreign language in advance level and establishing written, oral and visual communication and developing argumentation skills with that language, the ability to establish effective communication with expert in the international environment to discuss the area related subjects and to defend original opinions, showing ones competency in the energy area (*communication and social competency*). |  | + |  |
| **vii.** | By means of contributing to the society state and progress towards being an information society by announcing and promoting the technological, scientific and social developments in energy area, and ability to establish effective communication in the solving of problems faced in that area by using strategic decision making processes, contributing to the solution of area related social, scientific, cultural and ethical problems and promoting development of these values (area specific competency). |  |  | + |
|  | | | | |

**1: Little, 2. Partial, 3. Full**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Düzenleyen (Prepared by)*** | **Tarih (Date)** 25.02.2011 | İmza (Signature) |