**İTÜ**

**lisansüstü DERS KATALOG FORMU**

**(graduate Course Catalogue ForM)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Dersin Adı** | | | | | **Course Name** | | | |
| Enerji Bilim ve Teknolojisi - Özel Konular: Mikro ve Nano Ölçekte Isıl Enerji Transferi ve Dönüşümü | | | | | Special Topics in Energy Science and Technology: Micro- and Nanoscale Thermal Energy Transfer and Conversion | | | |
| **Kodu**  **(Code)** | **Yarıyılı**  **(Semester)** | | **Kredisi**  **(Local Credits)** | **AKTS Kredisi**  **(ECTS Credits)** | | | **Ders Türü**  **(Course Type)** | |
| EBT546E | Bahar  Spring | | 3.0 | 7.5 | | | Yüksek Lisans  M.Sc. | |
| **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)** | | İngilizce  (English) |
| **Dersin İçeriği**  **(Course Description)**  *30-60 kelime arası* | | Makroskopik Formülasyonların Kısıtları. Klasik Termodinamik ve Isı Transferine Genel Bakış. Kinetik Teori. Boltzmann Transport Denklemi. Mikro/Nano Akış ve Isı Transferi. Katıların Isıl Özellikleri ve Boyutsal Etkiler. Elektron, Phonon ve Photon Transferi. Nanomalzemelerin Işınımsal Özellikleri. Yakın Alan Enerji Transferi. | | | | | | |
| Limitations of the Macroscopic Formulation. Overview of Macroscopic Thermal Sciences. Kinetic Theory. Boltzmann Transport Equation. Micro/Nanofluidics and Heat Transfer. Thermal Properties of Solids and the Size Effect. Electron, Phonon and Photon Transport. Radiative Properties of Nanomaterials. Near-Field Energy Transfer. | | | | | | |
| **Dersin Amacı**  **(Course Objectives)**  *Maddeler halinde 2-5 adet* | | 1. Klasik (makroskopik) ısı transfer formülasyonlarının kısıtlarını tartışma; 2. Akışkanların kinetik tarifi ve Boltzmann transport denklemine giriş yapma; 3. Mikro-akış ve ısı transferinin temelleri ve uygulamalarını tartışma; 4. Enerji taşıyıcı olarak elektron, phonon ve photonlara ve bunların hareketine değinme; 5. Nano-yapılı yüzeylerin ışınımsal özelliklerine ve yakın alan enerji transferine değinme. | | | | | | |
| 1. To discuss the limitations of classical (macroscopic) heat transfer formulations; 2. To introduce kinetic description of fluids, and Boltzmann Transport Equation (BTE); 3. To discuss fundamentals and applications of microfluidics/heat transfer; 4. To introduce energy carriers: electrons, phonons and photons, and their transport; 5. To discuss radiative properties of nanostructured surfaces, and near-field energy transfer. | | | | | | |
| **Dersin Öğrenme**  **Çıktıları**  **(Course Learning Outcomes)**  *Maddeler halinde 4-9 adet* | | Bu dersi başarıyla tamamlayan lisansüstü öğrenciler aşağıdaki konularda bilgi, beceri ve yetkinlik kazanırlar;   1. Isıl enerji transferinde geçerli karakteristik uzunluk ve zaman boyutlarını kavrama; 2. Makroskopik formülasyonların kısıtlarını anlama; 3. Kinetik teori ve Boltmann transport denklemine aşinalık kazanma; 4. Nano/mikro akış ve ısı transferinde boyutsuz parametreler ve akış rejimleri hakkında bilgi sahibi olma; 5. Karakteristik boyutların, katıların ısıl özelliklerine etkilerini kavrayabilme; 6. Farklı malzeme ve uygulamalarda baskın enerji taşıyıcıları belirleyebilme; 7. Nanoyapılı yüzeyler ve nanomalzemelerdin ışınımsal özellikleri hakkında bilgi sahibi olma; 8. Yakın alan enerji transferi ve dönüşümü hakkında temel bilgi edinme; 9. Seçilen bir nano/mikro ölçekte enerji transfer uygulaması üzerinde literatür tarama, araştırma çalışmalarında bulunma, makale hazırlayıp sunma becerisi edinme. | | | | | | |
| Graduate students who successfully pass this course gain knowledge, skills and proficiency in the following subjects;   1. Knowledge on length and time scales in thermal energy transfer; 2. An understanding of the limitations of macroscopic formulations; 3. Familiarity to kinetic theory and Boltzmann transport equation; 4. Knowledge on dimensionless parameters, and flow regimes for microfluidics and heat transfer; 5. An understanding of the size effects on thermal properties of solids; 6. Ability to determine the dominant energy carrier in a specific material and application; 7. Knowlege on radiative properties of nanostructured surfaces and nanomaterials. 8. A basic understanding of near-field energy transfer and conversion. 9. Ability to search the literature, conduct research, prepare and present a paper on a selected nano/microscale energy transfer application. | | | | | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ders Kitabı**  **(Textbook)** | Zhuomin M. Zhang, Nano/Microscale Heat Transfer, 2nd Edition, Springer, 2020. | | |
| **Diğer Kaynaklar**  **(Other References)**  *Maddeler halinde en çok 5 adet* | 1. Gang Chen, Nanoscale Energy Transport and Conversion, Oxford University Press, 2005. 2. Satish Kandlikar, Srinivas Garimella, Dongqing Li, Stephane Colin, Michael King, Heat Transfer and Fluid Flow in Minichannels and Microchannels, 2nd Edition, Butterworth-Heinemann, 2013. | | |
| **Ödevler ve Projeler**  **(Homework & Projects)** | Öğrencilerin ders içeriğini pekiştirip uygulayabilmeleri için bir dönem projesi verilecektir. Bu proje, seçilen bir nano/mikro ölçekte ısıl enerji dönüşüm uygulamasına dair makale yazımı ve sunumunu içerecektir. | | |
| For the students to digest and apply the course material, a term project will be assigned. This assignment will include writing and presenting a paper on a selected micro/nanoscale thermal energy conversion application. | | |
| **Laboratuar Uygulamaları**  **(Laboratory Work)** |  | | |
|  | | |
| **Bilgisayar Kullanımı**  **(Computer Use)** | Dönem projesinde Matlab yazılımının kullanımı teşvik edilecektir. | | |
| The use of Matlab software for the project assignments will be encouraged. | | |
| **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)** |  |  |
| **Projeler**  **(Projects)** |  |  |
| **Dönem Ödevi/Projesi**  **(Term Paper/Project)** | **1** | **%40**  **(40%)** |
| **Laboratuar Uygulaması**  **(Laboratory Work)** |  |  |
| **Diğer Uygulamalar**  **(Other Activities)** |  |  |
| **Final Sınavı**  **(Final Exam)** | **1** | **%30**  **(30%)** |

**Ders Planı**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Hafta** | **Konular** | **Dersin**  **Çıktıları** |
| **1** | Makroskopik formülasyonun kısıtları, ısıl enerji transferinde karakteristik uzunluklar | 1, 2 |
| **2** | Klasik termodinamik ve ısı transferine genel bakış | 2 |
| **3** | Seyreltik gazların kinetik tarifi | 3 |
| **4** | Boltzmann transport denklemi | 3 |
| **5** | Mikro/nano-ölçekte akış ve ısı transferi: Knudsen sayısı ve akış rejimleri; hız kayması ve sıcaklık atlaması | 4 |
| **6** | Katıların ısıl özellikleri ve boyutun etkileri: Özgül ısı, kafes titreşimleri, fonon ve elektron gaz modelleri, özgül ısıya quantum boyut etkileri | 5 |
| **7** | Elektriksel ve ısıl iletkenlik, ve bunların Bolzmann transport denklemi ile türetilmesi | 5 |
| **8** | Ara sınav | 1-5 |
| **9** | Elektron ve fonon geçişi: metal, yalıtkan ve yarı iletkenlerde baskın enerji taşıyıcılar | 6 |
| **10** | Fonon dağılımı ve saçılması, elektron yayılımı ve tünnellenmesi | 6 |
| **11** | Nanomalzemelerin ışınım özellikleri: tek ve çok katmanlı yapılar, ince filmler, fotonik kristaller, periyodik desenler, plazmon, polariton ve elektromanyetik yüzey dalgaları | 7 |
| **12** | Yakın alan enerji transferi: : fotonlar, foton tünellenmesi, sönümlenen dalgalar | 8 |
| **13** | Yüzey plazmon ve fonon polaritonları, nano ölçekte ısıl ışınımın potansiyel uygulamaları | 8 |
| **14** | Dönem projesi sunumları | 9 |

**COURSE PLAN**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Weeks** | **Topics** | **Course Outcomes** |
| **1** | Limitations of the macroscopic formulation; the length scales in thermal energy transfer | 1, 2 |
| **2** | Overview of classical thermodynamics and heat transfer | 2 |
| **3** | Kinetic description of dilute gases | 3 |
| **4** | Boltzmann transport equation | 3 |
| **5** | Micro/nanofluidics and heat transfer: Knudsen number and flow regimes; Velocity slip and temperature jump | 4 |
| **6** | Thermal properties of solids and size effects: Specific heat of solids, lattice vibrations, phonon gas and electron gas models, quantum size effect on the specific heat | 5 |
| **7** | Electrical and thermal conductivities, and their derivation from Boltzmann transport equation | 5 |
| **8** | Midterm examination | 1-5 |
| **9** | Electron and phonon transport: dominant energy carriers in metals, insulators and semiconductors | 6 |
| **10** | Phonon dispersion and scattering, electron emission and tunneling | 6 |
| **11** | Radiative properties of nanomaterials: single and multilayer structures, thin films, photonic crystals, periodic gratings, plasmon, polariton, and electromagnetic surface waves. | 7 |
| **12** | Near field energy transfer: Photons, photon tunneling, evanescent waves | 8 |
| **13** | Surface plasmon and phonon polaritons, application prospects of nanoscale thermal radiation | 8 |
| **14** | Term project presentations | 9 |

## Dersin “Enerji Bilim ve Teknoloji Yüksek Lisans Programı”yla İlişkisi

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Programın mezuna kazandıracağı bilgi, beceri ve yetkinlikler (programa ait çıktılar)** | **Katkı Seviyesi** | | |
| **1** | **2** | **3** |
| **i.** | Lisans düzeyi yeterliliklerine dayalı olarak, enerji alanının ilişkili olduğu disiplinler arası etkileşimi kavrayabilme, ilgili program alanında bilgilerini uzmanlık düzeyinde geliştirebilme ve derinleştirebilme (*bilg*i). |  |  | + |
| **ii.** | Enerji 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*). |  |  | **+** |
| **iii.** | Enerji 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.** | Enerji 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).* |  |  | + |
| **v.** | Bir yabancı dili yeterli düzeyde kullanarak sözlü ve yazılı iletişim kurabilme, kendi çalışmalarını, alanındaki uluslararası platformlarda, yazılı, sözlü ve/veya görsel olarak aktarabilme *(İletişim ve Sosyal Yetkinlik).* |  |  | + |
| **vi.** | Enerji 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).* |  | + |  |
|  | | | | |

**1: Az, 2. Kısmi, 3. Tam**

## Relationship between the Course and “Energy Science and Technology M.Sc. and Program”

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Program Outcomes** | **Level of Contribution** | | |
| **1** | **2** | **3** |
| **i.** | Grasping interdisciplinary interaction related to energy area and developing and intensifying the current and high knowledge in that area based upon the competency in graduate level (*knowledge*). |  |  | + |
| **ii.** | By means of ability to use theoretical and practical information related to energy area, to combine and interpret them with information from different disciplines producing new information and solving the faced problems by related searching methods (*skill*). |  |  | **+** |
| **iii.** | By means of the ability to critically analyze knowledge, skills and also a study related to energy 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 energy or different fields (*communication and social competency*). |  |  | + |
| **v.** | Proficiency in a foreign language 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 energy 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*). |  | + |  |
|  | | | | |

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Düzenleyen (Prepared by)***  Tuba Okutucu Özyurt | **Tarih (Date)** 16.01.2021 | İmza (Signature) |