

Dersin Adı				Course Name		
Kimya Mühendisliği Termodinamiği				Chemical Engineering Thermodynamics		
Kodu (Code)	Yarıyılı (Semester)	Kredisi (Local Credits)	AKTS Kredisi (ECTS Credits)	Ders Uygulaması, Saat/Hafta (Course Implementation, Hours/Week)		
				Ders (Theoretical)	Uygulama (Tutorial)	Laboratuvar (Laboratory)
KMM 224	4	4	9.5	3	2	-
Bölüm / Program (Department/Program)		Kimya Mühendisliği (Chemical Engineering)				
Dersin Türü (Course Type)		Zorunlu (Compulsory)	Dersin Dili (Course Language)		Türkçe (Turkish)	
Dersin Önkoşulları (Course Prerequisites)		(KIM 101 MIN DD veya KIM 101E MIN DD) ve (FIZ 101 MIN DD veya FIZ 101E MIN DD) ve KMM102E MIN DD				
Dersin mesleki bileşene katkısı, %  (Course Category by Content, %)		Temel Bilim (Basic Sciences)	Temel Mühendislik (Engineering Science)	Mühendislik Tasarım (Engineering Design)	İnsan ve Toplum Bilim (General Education)	
		-	80	20	-	
Dersin İçeriği  (Course Description)  <u>30-60 kelime arası</u>		Giriş, Temel kavramlar ve tanımlar, Termodinamiğin sıfırıncı ve birinci kanunu, İdeal gaz, Saf maddelerin faz değişimleri ve basınç-hacim-sıcaklık davranımı, Isı etkileri, Termodinamiğin ikinci ve üçüncü kanunu, Isıdan güç üretimi, Akışkanların termodinamik özellikleri, Akış proseslerinin termodinamiği, Çözültü termodinamiğinin teorisi, Kimyasal tepkimelerde denge, Buhar/Sıvı dengesi, Çözültü termodinamiğinin uygulaması				
		Introduction, Basic concepts and definitions, The zeroth and first law of thermodynamics, The ideal gas, Phase change of pure substances and their pressure-volume-temperature behavior, Heat effects, The second and third laws of thermodynamics, Production of power from heat, Thermodynamic properties of fluids, Thermodynamics of flow processes, Theory of solution thermodynamics, Chemical reaction equilibria, Vapor/Liquid equilibrium, Application of solution thermodynamics				
Dersin Amacı  (Course Objectives)  <u>Maddeler halinde 2-5 adet</u>		Bu dersin amacı, öğrencilerin aşağıdaki konular hakkında bilgi sahibi olmalarını sağlamaktır:  1. Termodinamik kanunlarını anlayıp, bunları çeşitli proseslere uygulayabilmek 2. Farklı, fiziksel ve kimyasal proseslerde üretilen ve/veya tüketilen ısı ve iş miktarını hesaplamak 3. Çözültüleri tanımlayan terminoloji, teori ve genel bazı modeller hakkında bilgi sahibi olmak 4. Kimyasal tepkime sistemlerine termodinamik prensiplerini uygulayabilmek; sıcaklık, basınç ve başlangıç bileşiminin denge dönüşümüne etkisini irdeleyebilmek 5. Denge durumundaki buhar sıvı karışımları için gerekli model eşitleri öğrenmek ve model eşitlikler esaslı ikili karışımlar için belirli koşullarda $PT_{xy}$ , $V$ , $L$ değerlerini hesaplama ve faz diyagramlarını çizme becerilerini kazanmak				
		The objective of this course is provide students with knowledge on the following subjects:  1. Understand the laws of thermodynamics and have an ability applying them to various processes. 2. Calculate the amount of heat and work produced and/or consumed in different physical and chemical processes. 3. Get informed about the terminology, theory, and some common models used in describing solutions. 4. Have an ability to apply the principles of chemical thermodynamics to chemical reaction systems and to analyse the effects of temperature, pressure, and initial composition on the equilibrium conversion. 5. Learn the model equations related with vapour liquid mixtures at equilibrium condition and evaluate $PT_{xy}$ , $V$ , $L$ values for a given condition, and draw $PT_{xy}$ phase diagrams for binary mixtures based on the model equations approach.				

<p><b>Dersin Öğrenme Çıktıları</b></p> <p><b>(Course Learning Outcomes)</b></p> <p><i>Maddeler halinde 4-9 adet</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Termodinamik kanunlarının çeşitli mühendislik problemlerine uygulanması.</li> <li>2. Fiziksel ve kimyasal proseslerde üretilen ve/veya tüketilen ısı ve iş miktarının hesaplanması</li> <li>3. Saf maddeler ve karışımlar için basınç, hacim ve sıcaklık ilişkilerinin kurulması.</li> <li>4. İdeal ve gerçek gaz davranımlarının incelenmesi.</li> <li>5. Akışkanların temel termodinamik özelliklerinin hesaplanması.</li> <li>6. Saf maddeler veya tekli/çoklu faz koşulları için çözümlerin entalpi, entropi, fugasite ve aktivite katsayısı gibi termodinamik özelliklerin hesaplanması.</li> <li>7. Kimyasal tepkimeye giren karışımların denge bileşimlerinin belirlenmesi.</li> <li>8. İdeal davranım gösteren ve göstermeyen buhar sıvı karışımları için model eşitlikler esaslı belirli koşullarda <math>PT_{xy}</math>, <math>V</math>, <math>L</math> verilerinin hesaplanması ve ikili karışımlar için faz diyagramlarının çizilmesi.</li> <li>9. Bilgisayar programlarının kullanımı (Python, Excel, ChemCAD).</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Application of the laws of thermodynamics to various engineering problems.</li> <li>2. Calculation of the amount of heat and work produced and/or consumed in different physical and chemical processes.</li> <li>3. Establishing the relations between pressure, volume, and temperature for pure substances and mixtures.</li> <li>4. Investigation of ideal and real gas behaviors.</li> <li>5. Calculation of the fundamental thermodynamic properties of fluids.</li> <li>6. Calculation of thermodynamic properties, such as enthalpy, entropy, fugacity and activity coefficients, and Gibbs energy, of pure species or solutions in single- or multi-phase conditions</li> <li>7. Predicting the equilibrium compositions of mixtures undergoing chemical reaction.</li> <li>8. Calculation of <math>PT_{xy}</math>, <math>V</math>, and <math>L</math> values based on model equations for a given condition and drawing <math>PT_{xy}</math> vapor liquid equilibrium phase diagrams for binary mixtures representing ideal and non-ideal behavior.</li> <li>9. Usage of computer programs (Python, Excel, ChemCAD).</li> </ol>
<p><b>Ders Kitabı (Textbook)</b></p>	<p>Smith J.M., Van Ness H.C., Abbot M.M., Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 7<sup>th</sup> Ed., McGraw-Hill, 2005.</p>
<p><b>Diğer Kaynaklar (Other References)</b></p> <p><i>Maddeler halinde en çok 5 adet</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cengel Y., Boles M.A., Thermodynamics- An Engineering Approach, McGraw-Hill, 2006.</li> <li>2. Matsoukas T., Fundamentals of Chemical Engineering Thermodynamics, Pearson Education, 2012</li> <li>3. Koretsky M.D., Engineering and Chemical Thermodynamics, John Wiley &amp; Sons, Inc, 2004</li> <li>4. Sandler, S.I., Chemical, Biochemical and Engineering Thermodynamics, 4<sup>th</sup> Ed., John Wiley &amp; Sons Inc., 2006.</li> <li>5. Modell M., Reid R.C., Thermodynamics and Its Applications, Prentice-Hal,1983.</li> </ol>
<p><b>Ödevler ve Projeler (Homework &amp; Projects)</b></p>	<p>Dersin bazı konuları ile ilişkili ödevler verilecek.</p> <p>Homework problems related to some topics of the course will be assigned.</p>
<p><b>Laboratuar Uygulamaları (Laboratory Work)</b></p>	
<p><b>Bilgisayar Kullanımı (Computer Use)</b></p>	<p>Bazı ödevlerin çözümünde Phyton, Excel, ChemCAD gibi bilgisayar araçlarının kullanılması gerekli olacaktır.</p> <p>Usage of computer tools such as Phyton, Excel, ChemCAD will be required in some of the homework assignments.</p>
<p><b>Diğer Uygulamalar (Other Activities)</b></p>	<p>Dönem süresince düzenli olarak sınıf içi çalışmalar yapılacaktır.</p> <p>In-class studies will be held regularly during the semester.</p>

Başarı Değerlendirme Sistemi (Assessment Criteria)	Faaliyetler (Activities)	Adedi (Quantity)	Değerlendirmedeki Katkısı, % (Effects on Grading, %)
	Yıl İçi Sınavları (Midterm Exams)	2	40
	Kısa Sınavlar (Quizzes)		
	Ödevler ve Sınıf İçi Çalışmalar (Homework and In Class Studies)	5 Ödev 5 Sınıf İçi Çalışma	20
	Projeler (Projects)		
	Dönem Ödevi/Projesi (Term Paper/Project)		
	Laboratuar Uygulaması (Laboratory Work)		
	Diğer Uygulamalar (Other Activities)		
	Final Sınavı (Final Exam)	1	40

#### Ders Planı

Hafta	Konular	Dersin Çıktıları
1	Giriş, Termodinamiğin kapsamı, Boyutlar ve birimler, Temel kavramlar, Termodinamiğin sıfırıncı kanunu, İç enerji, Termodinamiğin birinci kanunu, Kapalı sistemler için enerji dengesi, Termodinamik özellik ve hal fonksiyonları, Entalpi	1, 2
2	Açık sistemler için kütle ve enerji dengeleri, Denge, Faz kuralı, Tersinir proses, Isı kapasitesi ve özgül ısı	1, 2
3	İdeal gaz, Saf maddelerin PVT davranışları, Tek faz bölgesi, Virial hal denklemleri, Virial denklemlerin uygulamaları	1, 2, 3, 4
4	Kübik hal denklemleri (van der Waals ve Redlich-Kwong), Genel bir kübik hal denklemi, Mütakabil haller teoremi, Asentrik faktör, Gazlar için genelleştirilmiş bağıntılar, Sıvılar için genelleştirilmiş bağıntılar	3, 4, 9
5	Duyulur ısı etkileri, Saf maddelerin gizli ısısı, Standard tepkime ısısı, Standard oluşum ısısı, Standard yanma ısısı, Sıcaklığın tepkime ısısına etkisi, Adyabatik tepkime sıcaklığı, Endüstriyel tepkimelerin ısı etkileri	1, 2, 9
6	Termodinamiğin ikinci kanununun tanımı, Isı makinası, Carnot çevrimi, Entropi, Katı ve sıvıların entropi değişimi, İdeal bir gazın entropi değişimi, İkinci kanunun matematiksel ifadesi, Açık sistemler için entropi dengesi	1, 2
7	İdeal iş hesabı, Kayıp iş, Termodinamiğin üçüncü kanunu, Buharlı güç çevrimleri (Carnot, Rankine ve tekrar ısıtmalı Rankine çevrimleri)	1, 2, 9
8	Homojen fazlar için özellik ilişkileri, Artık özellikler, Hal denklemleri ile artık özelliklerin hesaplanması, İki fazlı sistemler, Gazlar için genelleştirilmiş bağıntılar	3, 4, 5, 9
9	Sıkıştırılabilir akışkanların kanal akışı, Borudan akış, Türbin (Ekspander), Kompresör, Pompa	1, 2, 4, 5, 9
10	Temel özellik bağıntısı, kimyasal potansiyel ve faz denge kriteri, kısmi özellikler, ideal gaz karışımı için kısmi özellikler, Saf maddeler için fugasite ve fugasite katsayısı	3, 4, 6
11	Çözelti içindeki maddeler için fugasite ve fugasite katsayısı, İdeal çözelti modeli, Artık özellikler, Karışmadan kaynaklı özellik değişimi, Tepkime koordinatı, Denge kriterlerinin kimyasal tepkimelere uygulanması, Standart Gibbs enerji değişimi ve denge sabiti, sıcaklığın denge sabiti üzerine etkisi	6, 7, 8, 9
12	Denge sabitlerinin hesaplanması, Denge sabitlerinin bileşimle ilişkisi, Tek bir tepkime için denge dönüşümleri, Çoklu tepkimelerde denge	7, 9
13	Denge Kavramı, Faz kuralı: Duhem teoremi, Buhar/Sıvı Dengesi (BSD): Nitel davranış, Buhar/sıvı dengesi için basit modeller, Modifiye edilmiş Raoult kanunu ile BSD, K-değeri bağıntılarından BSD	6, 8, 9
14	BSD verilerinden sıvı faz özellikleri: fugasite, aktivite katsayısı, artık Gibbs enerjisi, veri indirgeme, termodinamik uyumluluk, Artık Gibbs enerjisi için modeller	6, 8, 9

### Course Plan

Week	Topics	Course Outcomes
1	Introduction, The scope of thermodynamics, Dimensions and units, Basic definitions Zeroth law of thermodynamics, Internal energy, The first law of thermodynamics, Energy balance for closed systems, Thermodynamic state and state functions, Enthalpy	1, 2
2	Mass and energy balances for open systems, Equilibrium, The phase rule, The reversible process, Heat capacity and specific heat	1, 2
3	The ideal gas, PVT behavior of pure substances, Single phase region, Virial equations of state, Application of the Virial equations	1, 2, 3, 4
4	Cubic equations of state (van der Waals and Redlich-Kwong), A generic cubic equation of state, Determination of state parameters, Theorem of corresponding states, acentric factor, Generalized correlations for gases, Generalized correlations for liquids	3, 4, 9
5	Sensible heat effects, latent heats of pure substances, Standard heat of reaction, Standard heat of formation, Standard heat of combustion, Effect of temperature on the standard heat of reaction, Adiabatic reaction temperature Heat effects of industrial reactions	1, 2, 9
6	Statements of the second law, Heat engines, The Carnot cycle, Entropy, Entropy changes of solids and liquids, Entropy changes of an ideal gas, Mathematical statement of the second law, Entropy balance for open systems	1, 2
7	Calculation of ideal work, Lost work, The third law of thermodynamics, Vapor power cycles (Carnot, Rankine and reheat Rankine cycles)	1, 2, 9
8	Property relations for homogeneous phases, Residual properties, Two phase system, Residual properties by equations of state, Generalized property correlations for gases	3, 4, 5, 9
9	Duct flow of compressible fluids, Pipe flow Turbines (expanders), Compressors, Pumps	1, 2, 4, 5, 9
10	Fundamental property relation, The chemical potential and phase equilibria criterion, Partial properties, Partial properties for ideal gas mixture, Fugacity and fugacity coefficient for pure species	3, 4, 6
11	Fugacity and fugacity coefficient for species in solution, The ideal solution model, Excess properties, Property changes of mixing, The reaction coordinate, Application of equilibrium criteria to chemical reactions, The standard Gibbs-Energy change and the equilibrium constant	6, 7, 8, 9
12	Effect of temperature on the equilibrium constant, Evaluation of equilibrium constants, Relation of equilibrium constants to composition, Equilibrium conversions for single reactions, Multireaction equilibria	7, 9
13	The nature of equilibrium, The phase rule, Duhem's theorem, Vapor/Liquid Equilibrium (VLE): Qualitative behavior, Simple models for vapor/liquid equilibrium, VLE by modified Raoult's law, VLE from K-Value correlations	6, 8, 9
14	Liquid phase properties from VLE data: Fugacity, Activity coefficient, Excess Gibbs energy, Data reduction, Thermodynamic consistency, Models for the excess Gibbs energy	6, 8, 9

### Dersin Kimya Mühendisliği Programıyla İlişkisi

	Program Çıktıları	Katkı Seviyesi		
		1	2	3
1	Matematik, fen bilimleri ve mühendislik bilgilerini kimya mühendisliği problemlerine uygulayabilme becerisi.			x
2	Kimya Mühendisliği ve ilgili alanlardaki mühendislik problemlerini saptama, tanımlama ve çözme becerisi.		x	
3	Bir sistemi, sistem bileşenini ya da süreci analiz etme ve belirli gereksinimleri karşılayacak şekilde tasarlama becerisi		x	
6	Modern mühendislik teknik ve araçları ile bilişim teknolojilerini etkin bir şekilde kullanma becerisi			x
8	Bireysel çalışma becerisi			x

1: Düşük, 2. Orta, 3. Yüksek

### Relationship between the Course and Chemical Engineering Curriculum

	Program Outcomes	Level of Contribution		
		1	2	3
1	Ability to apply knowledge of mathematics, science, and engineering to chemical engineering problems			x
2	Ability to identify, formulate, and solve engineering problems in chemical engineering and related fields		x	
3			x	
6	Ability to use the techniques, skills, and modern engineering and computing tools necessary for engineering practice			x
8	Ability to work independently			x

1: Low, 2. Medium, 3. High

<b><u>Düzenleyen (Prepared by)</u></b> Prof.Dr. Ayşegül ERSOY-MERİÇBOYU Prof.Dr. Reha YAVUZ	<b>Tarih (Date)</b> 03/03/2021	<b>İmza (Signature)</b>
---	-----------------------------------	-------------------------