



# Термодинаміка складних систем

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	10 Природничі науки <sup>1</sup>
Спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітня програма	Прикладна фізика
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	ECTS: 4, годин: 120. Лекції: 36, Практичні: 36, СРС: 48
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Контрольна робота: 1, ДКР: 1, залік
Розклад занять	
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.ф.-м.н., доцент, Долгошей Володимир Борисович, v.dolgoshey@kpi.ua <sup>2</sup> Практичні / Семінарські: к.ф.-м.н., доцент, Долгошей Володимир Борисович, v.dolgoshey@kpi.ua <sup>3</sup>
Розміщення курсу	<a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=1820">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=1820</a>

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна «Термодинаміка складних систем» належить до циклу професійної та практичної підготовки і забезпечує підготовку студентів в галузі базових методів термодинамічного аналізу. На дисципліні «Термодинаміка складних систем» базуються інші курси, що пов'язані з розрахунками енергоефективності фізико-технічних систем різного класу.

Основною метою навчальної дисципліни «Термодинаміка складних систем» є формування у студентів системи знань з методів отримання, перетворення і використання теплоти та роботи в такій мірі, щоб вони могли вибирати, розраховувати і аналізувати вказані методи з метою максимальної економії паливно-енергетичних ресурсів, виявлення і використання вторинних енергоресурсів, інтенсифікації, оптимізації і здійснення екологічно чистих сучасних енергетичних процесів.

Силабус навчальної дисципліни «Термодинаміка складних систем» розроблений на основі принципу конструктивного вирівнювання (constructive alignment), що дозволяє передбачити

<sup>1</sup> В полях Галузь знань/Спеціальність/Освітня програма:

Для дисциплін професійно-практичної підготовки зазначається інформація відповідно до навчального плану.

Для соціально-гуманітарних дисциплін вказується перелік галузей, спеціальностей, або «для всіх».

<sup>2</sup> Електронна пошта викладача або інші контакти для зворотного зв'язку, можливо зазначити прийомні години або години для комунікації у разі зазначення контактних телефонів. Для силабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

<sup>3</sup> Електронна пошта викладача або інші контакти для зворотного зв'язку, можливо зазначити прийомні години або години для комунікації у разі зазначення контактних телефонів. Для силабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

необхідні навчальні завдання та активності, які потрібні студентам для досягнення очікуваних результатів навчання, а потім спроектувати навчальний досвід таким чином, щоб максимально збільшити можливості студентів досягти бажаних результатів.

Силабус побудований таким чином, що для виконання кожного наступного завдання студентам необхідно застосовувати навички та знання, отримані у попередньому. Фінальним є екзамен, для здачі якого студенти використовують теоретичні знання та застосовують практичні навички, отримані під час виконання всіх видів завдань (практичних занять та тематичних завдань) та активної участі на лекційних заняттях (виконання поточних завдань та активностей). Особлива увага приділяється принципу заохочення студентів до активного навчання, у відповідності з яким студенти мають працювати над практичними тематичними завданнями, які дозволять в подальшому вирішувати реальні проблеми та завдання.

Навчання під час практичних занять здійснюється на основі студентоцентрованого підходу та стратегії взаємодії викладача та студента з метою засвоєння студентами матеріалу та розвитку у них практичних навичок.

Під час практичних занять застосовуються:

стратегії активного і колективного навчання;

особистісно-орієнтовані розвиваючі технології, засновані на активних формах і методах навчання (командна робота (team-based learning), парна робота (think-pair-share), метод мозкового штурму, дискусія, експрес-конференція, навчальні дебати тощо);

метод проблемно-орієнтованого навчання.

Для більш ефективного розуміння структури навчальної дисципліни та засвоєння матеріалу дистанційно використовується сервіси «Електронний кампус», Zoom та Telegram, за допомогою яких:

- спрощується розміщення та обмін навчальним матеріалом;
- здійснюється надання зворотного зв'язку студентам стосовно навчальних завдань та змісту навчальної дисципліни;
- оцінюються навчальні завдання студентів;
- ведеться облік виконання студентами плану навчальної дисципліни, графіку виконання навчальних завдань та оцінювання студентів.

Під час очного навчання та для взаємодії зі студентами використовуються сучасні інформаційно-комунікаційні та мережеві технології для вирішення навчальних завдань, а також обладнання (проектор та електронні презентації для лекційних та семінарських занять).

Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни «Термодинаміка складних систем» можна використовувати в подальшому під час навчання спеціалізованих дисциплін фізико-енергетичного циклу.

В результаті вивчення навчальної дисципліни «Термодинаміка складних систем» студенти зможуть:

1. практично здійснювати вибір ефективних методів отримання та перетворення різних видів енергії в залежності від конкретних умов;
2. проводити виміри та розрахунки основних теплотехнічних показників, які пов'язані з профілем інженерної діяльності;
3. проводити теплотехнічну оцінку ефективності технологій, обладнання на основі використання термодинамічних методів аналізу;
4. визначити основні теплотехнічні показники термодинамічного аналізу та використовувати їх для підвищення ефективності технологій та обладнання.

## 2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Необхідні навички: Курс «Термодинаміка складних систем» ґрунтується на курсах: „Фізика” (зокрема, «Термодинаміка і молекулярна фізика»), „Хімія”, „Вища математика”, „Математичний аналіз”, „Інформатика”.

## 3. Зміст навчальної дисципліни

Програмні результати навчання, контрольні заходи та терміни виконання оголошуються студентам на першому занятті.

№ з/п	Тема	Програмні результати навчання	Основні завдання	
			Контрольний захід	Термін виконання
1.	<b>Тема 1.</b> Базові термодинамічні положення. Метод термодинамічних потенціалів	№1,2	ПК*	За розкладом
2.	<b>Тема 2.</b> Складна термодинамічна система як хімічна система.	№2,3,4	ПК*	За розкладом
3	<b>Тема 3.</b> Хімічний потенціал.	№1,2,3	ПК*	За розкладом
4	<b>Тема 4.</b> Термохімія.	№2,3,4	ПК*	За розкладом
5	<b>Тема 5.</b> Розчини	№2,3,4	ПК*	За розкладом
6	<b>Тема 6.</b> Прості термодинамічні системи з немеханічним видом роботи.	№2,3,4	ПК*	За розкладом
7	<b>Тема 7.</b> Паливний та гальванічний елементи як складні термодинамічні системи.	№1,2,3	ПК*	За розкладом
8	<b>Тема 8.</b> Паливний та гальванічний елементи як складні термодинамічні системи.	№1,2,3	Модульна контрольна робота	За розкладом
9	<b>Тема 9.</b> Термодинаміка випромінювання	№1,2,3	ПК*	За розкладом

ПК\*: Поточний контроль: тестові завдання, обговорення на практичних заняттях.

Модульна контрольна робота проводиться на 16-ому тижні.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Базова література

1. Базаров И.П. Термодинамика: Учеб. для студентов университетов, обучающихся по специальности «Физика». – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1991. – 376 с. (1-е изд. – 1961).
2. D. Kondepudi, I. Prigogine. Modern Thermodynamics. From Heat Engines to Dissipative Structures. John Wiley & Sons, 1998 // И. Пригожин, Д. Кондепуди. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур: Пер. с англ. – М.: Мир, 2002. – 461 с. / Лучший зарубежный учебник /.
3. M.W. Zemansky, R.H. Dittman. Heat and Thermodynamics. An Intermediate Textbook. 7ed. McGraw-Hill, 1997.
4. P.S. Epstein. Text book Thermodynamics. 6<sup>th</sup> ed. John Wiley & Sons Inc. 1954 // Эпштейн П.С. Курс термодинамики. Пер. с 1-го англ. изд. (1937) – М.-Л.: ОГИЗ Гостехиздат, 1948. – 420 с.
5. E.A. Guggenheim. Thermodynamics. An Advanced Treatment for Chemists and Physicists. 5<sup>th</sup> ed., revised. Elsevier Science Publishers B.V. 1967.
6. Гуггенгейм Э.А. Современная термодинамика, изложенная по методу У.Гиббса. Пер. с англ. изд. (1933) - М.-Л.: Госхимиздат, 1941. – 188 с.
7. H. Reiss. Methods of Thermodynamics. Blaisdell Publishing Company. 1965.
8. Сычев В.В. Дифференциальные уравнения термодинамики. Учеб. пособие для теплоэнергетич. и теплофизич. спец. вузов. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1991. – 224 с.
9. Сычев В.В. Сложные термодинамические системы. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 208 с. (1-е изд. – М.: Энергия, 1970. – 232 с.) // V.V. Sychev. Complex thermodynamic systems. Series “Studies in Soviet Science”. Consultants Bureau, New York, A Division of Plenum Publishing Corp. 1973.
10. Howard de Voe. Thermodynamics and Chemistry. 2nd ed. vers. 5. 2014.
11. J. Bevan Ott and J. Boerio-Goates. Two-Volume Series: Chemical Thermodynamics. Principles and Applications. Chemical Thermodynamics. Advanced Applications. Academic Press. 2000.
12. S. Stolen, T. Grande, N.L. Allan. Chemical Thermodynamics of Materials. Macroscopic and Microscopic Aspects. John Wiley & Sons, Ltd, 2004.
13. F. Weinhold. Classical and Geometrical Theory of Chemical and Phase Thermodynamics. John Wiley & Sons, Inc. 2009.
14. R.A. Alberty. Use of Legendre Transforms in Chemical Thermodynamics / International Union of Pure and Applied Chemistry / IUPAC Technical Report / Pure Appl. Chem., Vol. 73, No. 8, pp. 1349-1380, 2001.
15. P.W. Atkins, J. De Paula. Atkins' Physical Chemistry. 8<sup>th</sup> ed. W.H. Freeman and Co. 2006 // П. Эткинс. Физическая химия. Пер. с англ. изд. (1978) в 2-х томах. – М.: Мир, 1980.
16. A.G. Whittaker, A.R. Mount, M.R. Heal. Physical Chemistry. / The Instant Notes Chemistry Series / BIOS Scientific Publishers Limited, 2000.
17. Полторак О.М. Термодинамика в физической химии. Учебник для студентов химических и химико-технологических специальностей вузов. – М.: Высш. шк. 1991. – 319 с. Лекции по химической термодинамике. Учеб. пособие для студентов химических и химико-технологических вузов. – М.: Высш. шк. 1971. – 256 с.
18. Кириллин В.А., Шейндлин А.Е., Шпильрайн Э.Э. Термодинамика растворов. – изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Энергия, 1979. – 288 с. (1-е изд. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1956. – 272 с.).
19. Biothermodynamics. The Role of Thermodynamics in Biochemical Engineering. Ed. By Urs von Stockar. EPFL Press, 2013.
20. Мамонтов М.А. Основы термодинамики тела переменной массы. 1970. – 88 с.

### Допоміжна література

21. P.W. Atkins. The Laws of Thermodynamics. A Very Short Introduction. Oxford Univ. Press. 2010.
22. П. Эткинс. Порядок и беспорядок в природе. Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 224 с.
23. D. ter Haar, H. Wergeland. Elements of Thermodynamics. Addison-Wesley Publishing Co. 1966 // Тер Хаар Д., Вергеланд Г. Элементарная термодинамика. Пер. с англ. – М.: Мир, 1968. – 220 с.
24. Курс физической химии. Под общ. ред. Я.И. Герасимова. Учебное пособие для студентов химических факультетов университетов. В 2-х томах. – М.-Л.: Химия, 1964 (2-е изд. – 1973).
25. Физическая химия. Теоретическое и практическое руководство. Под ред. Б.П. Никольского. Учебное пособие для студентов химических и химико-технологических специальностей вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 880 с.
26. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. Учебник для студентов химико-технологических специальностей вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1988. – 464 с. (1-е изд. – М.: Химия, 1982. – 400 с.).
27. Джейкок М., Парфит Дж. Химия поверхностей раздела фаз: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 269с., ил.
28. E.K. Rideal. An Introduction to Surface Chemistry. Cambridge Univ. Press, 1926 // Э.К. Райдил. Химия поверхностных явлений. Пер. со 2-го англ. изд. (1930) – Л.: ОНТИ Химтеорет. 1936. – 422 с.
29. N.K. Adam. The Physics and Chemistry of Surfaces. 3<sup>rd</sup> ed. Oxford Univ. Press. 1941 // Адам Н.К. Физика и химия поверхностей. Пер. с 3-го англ. изд. (1941) - М.-Л.: Гостехиздат, 1947. - 552 с.
30. A.W. Adamson, A.P. Gast. Physical Chemistry of Surfaces. 6<sup>th</sup> ed. John Wiley & Sons Inc. 1997 // Адамсон А. Физическая химия поверхностей. Пер. с 3-го англ. изд. (1976) - М.: Мир, 1979. - 568 с.
31. A.W. Neumann, R. David, Y. Zuo. Applied Surface Thermodynamics. 2<sup>nd</sup> ed. /Surfactant Science Series. Founding Editor: M.J. Schick. Series Editor: A.T. Hubbard. Volume **151**/ CRC Press Taylor & Francis Group. 2011.
32. Сторонкин А.В. Термодинамика гетерогенных систем. Части 1 и 2. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1967. - 448 с.
33. Русанов А.И. Термодинамика поверхностных явлений. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1960. - 180 с.
34. Герасимов Я.И., Гейдериш В.А. Термодинамика растворов. – М.: Изд-во МГУ, 1980. –184с.
35. Васильев В.П. Термодинамические свойства растворов электролитов: Учебное пособие для студентов химических специальностей вузов. – М.: Высш. школа, 1982. – 320 с.
36. Дуров В.А., Агеев Е.П. Термодинамическая теория растворов неэлектролитов: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 246 с.
37. Шаталов А.Я. Введение в электрохимическую термодинамику. Учебное пособие для студентов химических и химико-технологических специальностей вузов. – М.: Высш. шк., 1984. – 215 с.
38. Суздалев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – М.: КомКнига, 2006. – 592 с. / Синергетика: от прошлого к будущему /.
39. G. Nicolis, I. Prigogine. Exploring Complexity. W.H. Freeman and Co. / Ney York, 1989 // Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. Введение. Пер. с англ. 3-е изд., доп. – М.: Изд. ЛКИ, 2008. – 352 с. / Синергетика: от прошлого к будущему / (Изд.1-е, - М.: Мир, 1990. – 344 с.).
40. Дослідження процесів перетворення енергії в сонячно-водневій енергетиці: Метод. вказівки до викон. лабор. роботи з курсу «Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії» для студ. спец. «Енергетичний менеджмент», «Електротехнічні системи електроспоживання», «Екологія та охорона навколишнього середовища» усіх форм навч. / Уклад.: В.І. Дешко, В.В. Дубровська, В.І. Шкляр, Ю.В. Лохманець. – К.: ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2006. – 28 с.

## **5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

### **Розподіл годин**

Аудиторні години			Самостійна робота
Лекції	Практичні	Лабораторні	
36	36		48
кожний тиждень	кожний тиждень		

### **Лекційні заняття**

#### **Розділ 1. Аналітичний апарат термодинаміки.**

**Тема 1.1** Базові термодинамічні положення.

**Лекція 1.** Термодинамічні системи. Фази і компоненти. Гомогенні і гетерогенні системи. Однорідні і неоднорідні системи. Закони термодинаміки. Математичні формулювання I і II законів. Узагальнені сили і координати.

Література: Л1-Л20, конспект лекцій.

**Лекція 2.** Математичний апарат термодинаміки: форми Пфаффа, перетворення Лежандра; диференціальні рівняння термодинаміки; рівняння Максвелла; термодинамічний квадрат (VAT-VUS diagram); використання якобіанів, властивості якобіанів 2-го порядку.

Література: Л1-Л20, конспект лекцій.

**Тема 1.2** Метод термодинамічних потенціалів (характеристичних функцій) Гіббса.

**Лекція 3.** Характеристичні функції (ХФ): визначення та властивості. Термодинамічні потенціали (ТП): визначення та види. Визначення ХФ і ТП: проста замкнута система, розширена замкнута система, складна замкнута система, проста відкрита система, складна відкрита система.

Завдання на СРС. Поняття про ізольовану складну систему.

Література: Л1-Л20, конспект лекцій.

**Лекція 4.** Хімічний потенціал: визначення та виведення на прикладі.

Література: Л1-Л20, конспект лекцій.

**Лекція 5.** Характеристики складу складної системи. Загальні умови рівноваги складної системи. Умови фазової рівноваги.

Завдання на СРС. Правило фаз Гіббса.

Література: Л1-Л20, конспект лекцій.

#### **Розділ 2. Складна термодинамічна система як хімічна система**

**Тема 2.1** Хімічний потенціал.

**Лекція 6.** Парціальні мольні властивості. Залежність хімічного потенціалу від тиску і температури. Хімічний потенціал складової суміші ідеальних газів.

Завдання на СРС. Летючість і активність.

Література: Л1-Л20, конспект лекцій.

## **Тема 2.2 Термохімія.**

**Лекція 7.** Теплові ефекти реакцій. Зв'язок між тепловими ефектами  $\Delta U$  і  $\Delta H$ . Закон Гесса. Теплові ефекти утворення речовин. Теплові ефекти горіння. Залежність теплового ефекту реакції від температури (рівняння Кірхгофа), тиску і фазового перетворення.

Завдання на СРС. Загальний тепловий ефект у складній системі.

Література: Л1-Л20, конспект лекцій.

## **Тема 2.3 Розчини.**

**Лекція 8.** Термодинамічна класифікація розчинів. Хімічний потенціал компонента у розчині.

Процеси у розчинах.

Завдання на СРС. Термодинамічні функції змішування.

**Лекція 9.** Термодинамічні потенціали розчинів.

Завдання на СРС. Теплоти утворення розчинів.

Література: Л1-Л20, конспект лекцій.

## **Розділ 3. Складна термодинамічна система як система з немеханічним видом роботи**

**Тема 3.1** Прості термодинамічні системи з немеханічним видом роботи.

**Лекція 10.** Приклади простих термодинамічних систем: натягнутий дріт (stretched wire), поверхня (surface), електрохімічна комірка (electrochemical cell), діелектрична шина (dielectric slab), парамагнітний стрижень (paramagnetic rod).

Література: конспект лекцій.

**Лекція 11.** Термодинаміка гравітаційних систем (у полі тяжіння).

Література: Л1-Л20, конспект лекцій.

**Лекція 12.** Термодинаміка випромінювання.

Література: Л1-Л20, конспект лекцій.

**Лекція 13.** Термодинаміка діелектриків та магнетиків.

Література: Л1-Л20, конспект лекцій.

**Лекція 14.** Термодинаміка поверхневих явищ.

Література: Л1-Л20, конспект лекцій.

**Лекція 15.** Електрохімічна термодинаміка: гальванічний елемент.

Література: Л1-Л20, конспект лекцій.

### **Тема 3.2** Паливний елемент як складна термодинамічна система

**Лекція 16.** Рівняння Гібса-Гельмгольца для паливного елемента.

Література: Л1-Л20, конспект лекцій.

**Лекція 17.** Характеристики термодинамічних процесів у паливному елементі.

Література: Л1-Л20, конспект лекцій.

**Лекція 18.** Електрорушійна сила і коефіцієнт корисної дії паливного елемента.

Література: Л1-Л20, конспект лекцій.

### **Практичні заняття**

1. Диференціальні рівняння термодинаміки. Задачі.

Література: конспект лекцій (2 години).

2. Характеристичні функції і термодинамічні потенціали: замкнута і відкрита системи (2 години).

Література: конспект лекцій.

3. Термохімія. Задачі (2 години).

Література: конспект лекцій.

4. Термохімія. Розрахунок теплового ефекту хімічної реакції (2 години).

Література: конспект лекцій.

5. Термохімія. Розрахунок теплового ефекту розчинів. (2 години).

Література: конспект лекцій.

6. Електрохімічна термодинаміка. Задачі. (2 години).

Література: конспект лекцій.

7. Електрохімічна термодинаміка. Визначення ЕРС паливного елемента. (2 години).

Література: конспект лекцій.

8. Електрохімічна термодинаміка. Визначення ККД паливного елемента. (2 години).

Література: конспект лекцій.

9. Термодинаміка випромінювання. Задачі. (2 години).

Література: конспект лекцій.

До практичних занять необхідно ретельно готувати матеріал відповідної теми, використовуючи наведену в попередньому розділі літературу.

### **Контрольна робота**

Тема. Складна термодинамічна система як система з немеханічним видом роботи.

Термодинамічний розрахунок паливного елемента.



## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

На самостійну роботу передбачено 48 год. Самостійна робота передбачає підготовку до аудиторних занять, розв'язок задач, підготовка до контрольної роботи та до екзамену.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали	
Критерій	Бал
Активність на лекційних заняттях.	10 балів
Активність на практичних заняттях.	10 балів
Наявність рукописного конспекту лекцій.	10 балів
Порушення термінів виконання завдань	-5 балів
Призове місце у міжнародних, всеукраїнських та/або інших заходах та/або конкурсах (за тематикою навчальної дисципліни)	До 10 балів

#### Відвідування занять

Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання поточного завдання, практичних задач та тематичних завдань. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

#### Пропущені контрольні заходи

Результат модульної контрольної роботи для студента(-ки), який не з'явився на контрольний захід, є нульовим. У такому разі, студент(-ка) має можливість написати модульну контрольну роботу, але максимальний бал за неї буде дорівнювати 50% від загальної кількості балів. Повторне написання модульної контрольної роботи не допускається.

Тематичне завдання, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання, не оцінюється.

## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

#### Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація студентів (далі – атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами <sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Рейтингові системи оцінювання результатів навчання: Рекомендації до розроблення і застосування. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 20 с.

Критерій	Перша атестація	Друга атестація
Термін атестації <sup>5</sup>	8-ий тиждень	14-ий тиждень
Умови атестації: поточний рейтинг <sup>6</sup>	≥ 10 балів	≥ 20 балів

### Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

### Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

### Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами.

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

### Співбесіда

На останньому за розкладом занятті викладач проводить семестрову атестація у вигляді співбесіди зі студентами, які не змогли отримати за рейтингом позитивну оцінку, але були допущені до семестрової атестації, а також з тими, хто бажає підвищити свою позитивну оцінку.

Студенти, які набрали протягом семестру менше ніж 60 балів ( $RD < 30$ ), зобов'язані проходити співбесіду. Студенти, які протягом семестру отримали більш ніж 30 балів, можуть пройти співбесіду з метою підвищення оцінки. Якщо результати співбесіди є позитивними, студент отримує оцінку за результатами співбесіди. Якщо результати співбесіди є негативними або нижчими за бажаний рівень знань для оцінку, на яку студент претендує, студент отримує оцінку згідно зі своїм рейтингом.

<sup>5</sup> Там само.

<sup>6</sup> Там само.

## **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

### **Інклюзивне навчання**

Навчальна дисципліна «Термодинаміка складних систем» може викладатися для більшості студентів з особливими освітніми потребами, окрім студентів з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

### **Навчання іноземною мовою**

Враховуючи студентоцентризований підхід, за бажанням студентів, допускається вивчення матеріалу за допомогою англomовних онлайн-курсів за тематикою, яка відповідає тематиці конкретних занять.

### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено:** к.ф.-м.н., доцент кафедри ФЕС Долгошей Володимир Борисович

**Ухвалено** кафедрою фізики енергетичних систем (протокол № 7/21 від 02.06.2021)

**Погоджено** Методичною комісією факультету<sup>7</sup> (протокол № 6 від 29.06.2021)

---

<sup>7</sup> Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.