

## Тести відкритої форми (компетентнісні запитання та завдання) для самоконтролю якості засвоєння теоретичного матеріалу навчальної дисципліни "МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА" в умовах дистанційного навчання.

Робота з навчальною книгою – це основний вид самостійної роботи студента в умовах дистанційного навчання, пов'язаного з карантинном. Для перевірки якості засвоєння теоретичного матеріалу доцільно використовувати тестові завдання відкритої форми (компетентнісні запитання), що потребують написання в окремому зошиті одразу ж після вивчення теоретичного матеріалу за підручниками та навчальними посібниками, рекомендованими в робочій програмі, стислої або розгорнутої відповіді, тобто своєрідного міні-твору (есе), який складається з кількох речень, на кожне з поставлених запитань. Розв'язують такі тести шляхом логічних міркувань, які ґрунтуються на законах молекулярної фізики та термодинаміки. При цьому увага студента акцентується на засвоєнні теоретичних даних щодо якісної сторони фізичного явища, яке розглядається, а також на розумінні суті фізичних величин, що використовуються для запису відповідних фізичних законів у вигляді формул.

Навчальна дисципліна «*МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА*»

### ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНО-КІНЕТИЧНОЇ ТЕОРІЇ ІДЕАЛЬНОГО ГАЗУ.

- Що називають відносною атомною і відносною молекулярною масами?
- Що називають молем? Дайте визначення числа Авогадро, навівши формулювання, яке застосовувалось до травня 2019 року та те, яке застосовується в СІ у даний час.
- Що називають «броунівським рухом»?
- Який газ називають ідеальним?
- Яка система називається макроскопічною?
- Який фізичний зміст мають макроскопічні параметри  $P, V, T$ ?
- Що називають станом термодинамічної рівноваги?
- Що таке емпірична шкала температур? Які види емпіричних температурних шкал вам відомі?
- Що називають ізопроцесом? Які ізопроцеси вам відомі?
- Що виражає рівняння стану ідеального газу?
- Які рівняння стану газу (експериментальні газові закони) вам відомі? Сформулюйте їх. Запишіть рівняння стану Клапейрона-Менделєєва для довільної маси газу і поясніть фізичну суть величин, що входять до нього.
- Сформулюйте закон Дальтона? За яких умов він виконується?
- Чи можна використовувати закон Дальтона для суміші кисню і водню?
- Розвиток яких фізичних процесів забезпечує тиск газу?
- Запишіть основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів і поясніть фізичний зміст величин, які до нього входять?
- Яким є молекулярно-кінетичне тлумачення фізичної суті тиску та температури?
- Як визначається абсолютна шкала температур?
- Який фізичний зміст нуля абсолютної температури?
- Як пов'язані між собою тиск і абсолютна температура ідеального газу?
- Який зв'язок між тиском ідеального газу та концентрацією його молекул?
- Які експериментальні дані треба мати для того, щоб обчислити середню квадратичну швидкість молекул ідеального газу, скориставшись для цього основним рівнянням молекулярно-кінетичної теорії ідеальних газів?
- Який фізичний зміст мають універсальна газова стала та стала Больцмана? Чому вони дорівнюють?

Запишіть формули, які використовуються для визначення середньої кінетичної енергії молекул ідеального газу?

Запишіть барометричну формулу Лапласа і поясніть фізичний зміст величин, які входять до неї.

Які параметри називають мікроскопічними?

Що таке статистичний ансамбль?

Що називають випадковою подією?

Що називається математичною (статистичною) ймовірністю випадкової події?

Що називають розподілом ймовірностей, густиною розподілу ймовірностей?

Сформулюйте теореми про додавання та множення ймовірностей випадкових подій.

У чому полягає фізична суть ергодичної гіпотези?

Як визначити середнє значення випадкової величини, яка має неперервний набір значень?

Що називають дисперсією фізичної величини?

Що називають флуктуацією фізичної величини?

Запишіть розподіл Максвелла за абсолютним значенням швидкості. Поясніть фізичний зміст величин, які входять в нього?

Чому розподіл Максвелла за абсолютним значенням швидкості описується несиметричною кривою?

Який фізичний зміст найбільш ймовірної швидкості молекул ідеального газу?

Який фізичний зміст середньої квадратичної швидкості молекул ідеального газу?

Який фізичний зміст середньої арифметичної швидкості молекул ідеального газу?

Як змінюється форма кривої розподілу Максвелла за модулем швидкості при зростанні температури ідеального газу?

Запишіть розподіли Максвелла за відносним значенням швидкостей, за значенням кінетичної енергії та за значенням модуля імпульсу. Поясніть фізичний зміст величин, які входять до них.

Що підтверджують досліди Штерна, Елдріджа та Ламмерта?

Що визначає функція розподілу Больцмана?

Запишіть закон Больцмана для розподілу частинок у зовнішньому потенціальному полі. Поясніть зміст фізичних величин, які входять у цю формулу.

Що визначає розподіл Максвелла-Больцмана?

Опишіть методику проведення досліду Перрена з визначення числа Авогадро?

## **ПЕРШИЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМІКИ ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИ ВИВЧЕННІ ВЛАСТИВОСТЕЙ ІДЕАЛЬНОГО ГАЗУ.**

Чим відрізняється термодинамічний метод дослідження макроскопічних систем від статистичного методу?

Що таке кількість теплоти? Якими одиницями вона вимірюється?

Наведіть різні варіанти формулювання першого закону термодинаміки.

Запишіть формулу, яка виражає перший закон термодинаміки для елементарного процесу.

Які процеси називають “оборотними”, а які – “необоротними”?

Який процес називається “квазістатичним”?

За яких умов необоротні процеси можна умовно вважати оборотними?

Дайте визначення внутрішньої енергії ідеального газу. Із яких видів енергії вона складається?

Функцією яких параметрів стану є внутрішня енергія ідеального газу.

Запишіть формулу, за якою визначають елементарну зміну внутрішньої енергії маси  $m$  ідеального газу?

Чому зміна кількості теплоти не є повним диференціалом?

За якою формулою визначається елементарна робота термодинамічної системи під час зміни її об'єму в термодинаміці? Від яких параметрів стану вона залежить?

Наведіть аналітичні вирази, за якими визначають елементарну роботу для різних термодинамічних процесів (ізотермічного, ізобаричного, ізохоричного, політропного та адіабатичного), що здійснює 1 моль ідеального газу.

Поясніть чому "робота газу" і робота "над газом" не є повними диференціалами?

Для якого з термодинамічних процесів прирощення внутрішньої енергії системи дорівнює підведеній до неї кількості теплоти?

У яких випадках внутрішня енергія системи є сталою?

Для якого з термодинамічних процесів зміна внутрішньої енергії системи дорівнює роботі, виконаній термодинамічною системою?

На підставі яких дослідів вперше була встановлена можливість здійснювати вимірювання кількості теплоти в одиницях механічної роботи.

Дайте визначення теплоємності тіла, "питомої" та "молярної" теплоємності.

Яке співвідношення існує між молярними теплоємностями  $C_V$  і  $C_P$  для ідеального газу? Який фізичний зміст цих теплоємностей?

Запишіть рівняння Майєра. Поясніть чому молярна теплоємність  $C_P$  ідеального газу більша за його молярну теплоємність  $C_V$ ?

Яку термодинамічну систему називають замкненою?

Запишіть перший закон термодинаміки для ізобаричного, ізохоричного, ізотермічного, адіабатичного процесів, які здійснює 1 моль ідеального газу?

Окремим виразом якого із загальних законів природи є перший закон термодинаміки? Що називають вічним двигуном?

Чому перший закон термодинаміки еквівалентний твердженню про неможливість побудови вічного двигуна першого роду?

Який процес називають адіабатичним? За рахунок чого ідеальний газ при адіабатичному розширенні здійснює роботу проти зовнішніх сил?

Як змінюється температура газу, який адіабатично розширюється?

Наведіть приклади адіабатичних процесів, що здійснюються в природних умовах. Наведіть приклади технічних пристроїв, принцип дії яких заснований на здійсненні адіабатного процесу.

За рахунок якого джерела енергії виконує роботу ідеальний газ при адіабатичному процесі?

Зобразить на площині  $PV$  ізотерму і адіабату. Поясніть чому адіабата із зростанням об'єму газу  $V$  спадає швидше ніж ізотерма?

Якій умові задовольняють процеси, які називаються політропними?

У яких межах може змінюватись теплоємність ідеального газу при політропному процесі? Запишіть загальний вираз, за яким визначають молярну теплоємність для політропи з показником "n".

Що називають числом ступенів вільності? Які ступені вільності характеризують рух молекул ідеального газу?

Скільки ступенів вільності мають одноатомні, двоатомні та трьохатомні молекули ідеального газу?

Які формули використовують для розрахунку молярних теплоємностей  $C_V$  і  $C_P$  для ідеального газу в класичній теорії теплоємності? Які межі використання цих формул?

У чому полягає зміст теореми про рівномірний розподіл енергії за ступенями вільності? Які межі застосування цієї теореми?

Яка кількість енергії припадає на поступальний, обертальний та коливальний ступені вільності молекул ідеального газу?

Для якого із термодинамічних процесів теплоємність є нескінченною величиною? Чому дорівнює теплоємність при ізотермічному процесі?

Зобразіть схематично експериментально отриману залежність теплоємності молекулярного водню від температури, поясніть її вигляд.

Чому теоретично розраховані та експериментально одержані значення теплоємності двохатомних газів мають відмінності?

Вкажіть критерій "замерзання" ступенів вільності.

Які процеси зміни стану газу характеризуються від'ємною величиною теплоємності?

## **ЯВИЩА ПЕРЕНОСУ В ІДЕАЛЬНИХ ГАЗАХ.**

Що називають ефективним діаметром молекули?

Як змінюється ефективний діаметр молекул з температурою?

Від яких фізичних величин залежить середня довжина вільного пробігу молекул ідеального газу?

Які явища називають явищами переносу в ідеальних газах?

Чому явища переносу не є оборотними процесами?

Які процеси переносу називають стаціонарними? За яких умов нестаціонарні процеси переносу можна умовно вважати стаціонарними?

Що таке вакуум з точки зору величини довжини вільного пробігу молекул?

Поясніть у чому полягає суть явищ дифузії, внутрішнього тертя, теплопровідності?

Який вигляд мають рівняння переносу в ідеальних газах у феноменологічному записі?

Яка із швидкостей молекул ідеального газу входить у формулу, що використовується для визначення середнього числа зіткнень молекул у одиниці об'єму газу за 1 секунду: середня квадратична, середня арифметична чи найбільш імовірна?

У чому суть явища дифузії?

Запишіть рівняння дифузії Фіка. Поясніть у чому полягає різниця між явищами самодифузії і взаємної дифузії?

Який фізичний зміст має коефіцієнт дифузії?

У чому суть явища внутрішнього тертя? Запишіть рівняння за яким визначають силу внутрішнього тертя?

Який зв'язок існує між коефіцієнтами динамічної та кінематичної в'язкості?

У чому суть явища теплопровідності? Запишіть рівняння теплопровідності Фур'є.

Як від тиску та від температури залежать коефіцієнти в'язкості, дифузії і теплопровідності ідеального газу?

Який теоретичний зв'язок існує між коефіцієнтами переносу  $D$ ,  $\chi$ ,  $\eta$ ?

Яку розмірність мають коефіцієнт дифузії, коефіцієнт внутрішнього тертя і коефіцієнт теплопровідності?

Для чого у термостатах і в посудинах Дюара роблять подвійні стінки?

## **ДРУГИЙ І ТРЕТІЙ ЗАКОНИ ТЕРМОДИНАМІКИ.**

Наведіть відомі вам формулювання другого закону термодинаміки?

Вкажіть із яких термодинамічних процесів складається цикл Карно?

Що називають ККД теплової машини?

Чому дорівнює ККД циклу Карно, який здійснюють із ідеальним газом?

Поясніть, чому при використанні реальних двигунів ніколи не вдається досягнути граничного значення ККД машини Карно.

Як ефективніше підвищити ККД машини Карно: збільшити на  $100^\circ\text{C}$  температуру нагрівника чи знизити на  $100\text{ C}$  температуру холодильника?

У чому полягає різниця між "вічними" двигунами першого та другого роду?

Як визначається абсолютна термодинамічна шкала температур?

За яких умов машина Карно може працювати у якості холодильної?

Що можна сказати про значення ККД необоротних теплових машин у порівнянні з ККД оборотних машин, які працюють у тому ж самому інтервалі температур?  
Що називається зведеною кількістю теплоти?  
Що таке ентропія?  
Чи є ентропія функцією стану?  
Як записати другий закон термодинаміки за допомогою функції ентропії?  
Як змінюється ентропія при оборотних та необоротних процесах? Чому дорівнює значення  $\delta Q/T$  для необоротного колового процесу?  
Як змінюється ентропія при адіабатичних процесах?  
У якому напрямку змінюється ентропія системи при наближенні системи до стану термодинамічної рівноваги? Чому дорівнює ентропія при абсолютному нулю температури?  
Який статистичний зміст термодинамічної ймовірності? Як вона пов'язана із ентропією?  
Сформулюйте принцип Ле-Шательє-Брауна?

## **РЕАЛЬНІ ГАЗИ.**

У чому полягає відмінність реальних газів від ідеальних? За яких умов у поведінці газів настає відхилення від закону Клапейрона-Менделєєва?  
Який вигляд має рівняння Ван-дер-Ваальса а) для одного моля газу; б) для довільної маси газу?  
Який фізичний зміст поправок (констант) Ван-дер-Ваальса? Яка розмірність констант  $a$  і  $b$  Ван-дер-Ваальса у СІ?  
Яку пару називають насиченою?  
Що називають "пересиченою" парою? За яких умов вона може існувати? Як це відображено на ізотермах Ван дер Ваальса?  
Які ділянки ізотерми Ван дер Ваальса відповідають "метастабільним" станам? Поясніть зміст та проаналізуйте можливість здійснення цих станів.  
Які параметри називаються критичними? Запишіть формули, які встановлюють зв'язок між критичними параметрами та константами  $a$  і  $b$  Ван-дер-Ваальса у СІ?  
Запишіть формулу, яка встановлює зв'язок між критичними параметрами одного моля речовини.  
Запишіть рівняння Ван-дер-Ваальса для одного моля газу.  
Що таке "перегріта" рідина? Вкажіть області її існування на ізотермі Ван дер Ваальса.  
Запишіть формулу, за якою визначають внутрішню енергію реального газу.  
Що таке "дроселювання" реального газу?  
Чому процес дроселювання ідеального газу не супроводжується зміною температури?  
У чому полягає ефект Джоуля-Томсона? Чи є цей процес оборотним? Що називають "додатним" і "від'ємним" ефектом Джоуля-Томсона?  
Як використовується явище Джоуля-Томсона для зрідження газів?

## **ЕЛЕМЕНТИ ФІЗИКИ РІДИН**

Які відмінності молекулярної будови рідини у порівнянні з газами та з твердими тілами?  
Що таке поверхневий натяг? Як вводиться одиниця вимірювання коефіцієнта поверхневого натягу?  
Чому поверхневий шар рідини має певний запас потенціальної енергії?  
Як змінюється поверхневий натяг із підвищенням температури? Яка при цьому роль пари рідини? Чому дорівнює коефіцієнт поверхневого натягу при критичній температурі?

Поясніть причину появи надлишкового тиску при викривленні поверхні рідини.  
Запишіть формулу Лапласа, за якою визначають надлишковий тиск, зумовлений кривизною рідини. Поясніть фізичний зміст величин, які входять до неї.  
Поясніть механізм змочування рідиною поверхні твердого тіла з точки зору дії сил поверхневого натягу. Що таке крайовий кут?  
Поясніть причини підняття (опускання) рідини у капілярних трубках.  
Запишіть формулу, за якою визначають висоту підняття рідини в капілярній трубці.  
Поясніть фізичний зміст величин, які входять до неї.  
Наведіть приклади проявлення капілярних явищ у природі та їх використання у техніці та побуті.  
У чому полягає явище адсорбції?  
Чому і за яким механізмом поверхневоактивні речовини зменшують поверхневий натяг рідини?  
Чому дві краплі ртуті, приведені у дотик, зливаються в одну?  
На що витрачається робота при збільшенні поверхні рідини?  
Дайте визначення коефіцієнта поверхневого натягу.

## **ЕЛЕМЕНТИ ФІЗИКИ ТВЕРДОГО ТІЛА.**

Які тверді тіла називають аморфними? Що таке "ближній порядок"  
Які тверді тіла називають кристалічними? Що таке "дальній порядок"  
Що таке кристал? Які тверді тіла називають монокристалами, а які – полікристалами?  
Чому полікристалічні тверді тіла є ізотропними?  
Що таке елементарна кристалічна решітка (гратка)?  
Назвіть відомі вам види кристалографічних систем.  
Які сили зв'язку діють між атомами, що утворюють іонні, металічні та ковалентні кристали?  
Як пояснити пружні та пластичні деформації кристалів з точки зору молекулярної структури речовини?  
Опишіть, як утворюються вакансії та міжвузлові атоми у твердих тілах за механізмом Френкеля?  
Чим відрізняється механізм утворення вакансій у твердих тілах за механізмом Шоткі від механізму їх утворення за Френкелем?  
Що називається крайовою дислокацією?  
Що називається гвинтовою дислокацією?  
У чому полягають основні положення класичної теорії теплоємності твердих тіл? Які її недоліки?  
У чому полягає причина теплового розширення твердих тіл?  
Який характер має тепловий рух часток твердого тіла?  
Як пояснити причину розширення твердих тіл при нагріванні?  
Що таке фонон? Чому його називають квазічастинкою?  
Який механізм теплопровідності твердих тіл? Як впливає на це явище наявність у металах "вільних" електронів?  
Сформулюйте закон Дебая. Який фізичний зміст має температура Дебая?  
Сформулюйте закон Дюлонга і Пті.

## **ФАЗОВІ ПЕРЕХОДИ. РОЗЧИНИ І СПЛАВИ.**

Що називають термодинамічною фазою речовини?  
Дайте визначення фазовим переходам першого та другого роду: наведіть приклади.  
Запишіть рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Поясніть що описує це рівняння?  
Що таке потрійна точка? Які тиск та температура відповідають їй для води?

Які перетворення називаються поліморфними? До яких фазових переходів вони відносяться?

Як залежить від температури теплоємність поблизу фазових переходів другого роду.

У чому полягає фізичний зміст так званого «правила фаз»?

Як підрахувати зміну ентропії речовини при фазовому переході першого роду?

Що називають евтектикою, твердим розчином?

Які види подвійних діаграм стану вам відомі? Наведіть їх схематичні рисунки.

Поясніть принципи їх побудови.

*(Фрагмент рукопису навчально-методичного посібника «Самостійна робота студентів із вивчення молекулярної фізики», укладеного В.П. Пойдою та Д.Є. Милою).*