

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеський державний екологічний університет

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні групи забезпечення
спеціальності
від « 24 » 09 2020 року
протокол № 2
Голова групи Шакірманова Ж.Р.

УЗГОДЖЕНО

Директор ГМІ Овчарук В.А.

(назва факультету, прізвище, ініціали)

СИЛЛАБУС

навчальної дисципліни

«Прикладна метеорологія і кліматологія» розділ «Фізика атмосфери»

(назва навчальної дисципліни)

103 Науки про Землю

(шифр та назва спеціальності)

Гідрометеорологія

(назва освітньої програми)

бакалавр

(рівень вищої освіти)

заочна

(форма навчання)

V

(рік навчання)

2/60

(семестр навчання)

(кількість кредитів ЄКТС/годин)

залік

(форма контролю)

метеорології та кліматології

(кафедра)

Одеса, 2020 р.

Автори: Недострелова Лариса Василівна, канд. геогр. наук
(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Поточна редакція розглянута на засіданні кафедри метеорології та кліматології
від « 23 » вересня 20 20 року, протокол № 2 .

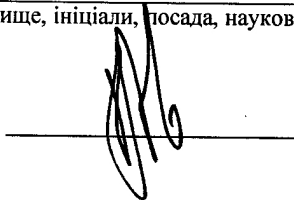
Викладачі: Лекційний модуль – Недострелова Лариса Василівна, к. геогр. наук
(вид навчального заняття: прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Практичний модуль – Недострелова Лариса Василівна, к. геогр. наук
(вид навчального заняття: прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Рецензент:

Прокоф'єв Олег Милославович, зав. кафедри, канд. геогр. наук,
доцент

(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)



Перелік попередніх редакцій

Прізвища та ініціали авторів	Дата, № протоколу	Дата набуття чинності

1 ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета	формування у бакалаврів бази фундаментальних знань про водний режим атмосфери: умови випаровування, конденсації, сублімації; конденсаційне зростання крапель в атмосфері; кристалізація переохолоджених крапель.
Компетентність	К30. Формування глибоких теоретичних знань, необхідних для розуміння процесів утворення та розвитку хмар, виникнення опадів та явищ, які пов'язані з ними, а також фізичних основ впливу на атмосферні процеси.
Результат навчання	ПР301. Аналізувати закономірності утворення хмар різних форм та ідентифікувати розвиток опадів у цих хмарах.
Базові знання	▪ фазові переходи води в атмосфері; ▪ методи розрахунку випаровування; ▪ турбулентний потік водяної пари в атмосфері; ▪ фізичні механізми утворення рідкої фази води; ▪ фізичні механізми утворення твердої фази води; ▪ фізичні механізми утворення туманів; ▪ оптичні явища в хмарах, туманах і опадах.
Базові вміння	▪ аналізувати умови фазових переходів води в атмосфері; ▪ розраховувати турбулентний потік водяної пари в атмосфері; ▪ розраховувати стійкі критичні радіуси утворення рідкої та твердої фаз в атмосфері; ▪ аналізувати умови утворення оптичних явищ в атмосфері.
Базові навички	Виконувати розрахунки фазових переходів води, турбулентного потоку водяної пари, критичних радіусів рідкої та твердої фази, а також аналізувати умови їх утворення.
Пов'язані силлабуси	Прикладна метеорологія і кліматологія. Розділ Фізика хмар та опадів Прикладна метеорологія і кліматологія. Розділ ФОВАП
Попередня дисципліна	Фізика атмосфери з чергуваннями
Наступна дисципліна	
Кількість годин	Лекції: 2 години; практичні заняття: лабораторні заняття: семінарські заняття: самостійна робота студентів: 50 годин.

2 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1 Лекційний модуль

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-Л	Фізика формування рідких та твердих фаз води в атмосфері. Турбулентний потік водяної пари в атмосфері. Конденсаційне зростання та випаровування крапель в атмосфері. Кристалізація переохолоджених крапель. Оптичні явища в хмарах, туманах і опадах. • Вода в атмосфері. Фізичні властивості води, льоду і водяної пари. Фазові переходи. Випаровування та випарність. • Сили, які призводять до об'єднання молекул водяної пари у комплекси. Нестійкі та стійкі комплекси молекул водяної пари. • Конденсація водяної пари в атмосфері. Гетерогенна конденсація. Атмосферні ядра конденсації. Конденсаційне зростання та випаровування крапель в атмосфері. Роль конвективних та турбулентних потоків водяної пари. • Кристалізація переохолоджених крапель. • Оптичні явища в хмарах, туманах і опадах.		20
	Настановні лекції	2	
	Підготовка до ЗКР		5
	Разом:	2	25

Консультації:

Недострелова Лариса Василівна, у відповідності з розкладом консультаційної сесії.

2.2 Практичний модуль

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-П	Розрахунки фазових переходів води в атмосфері. Розрахунки критичних радіусів зародків рідкої та твердої фази. • Фазові переходи води в атмосфері. • Випаровування та випарність. • Конденсація водяної пари в атмосфері. • Кристалізація переохолоджених крапель.		25
	Разом:		25

Консультації:

Недострелова Лариса Василівна, у відповідності з розкладом консультаційної сесії.

2.3 Самостійна робота студента та контрольні заходи

Результати виконання завдань з самостійної роботи студенти повинні надсилати у особистому профілі курсу «Прикладна метеорологія і кліматологія. Розділ Фізика атмосфери» для дистанційного навчання магістрів зі спеціальності «Науки про Землю» <http://dpt17s.odetu.edu.ua/course/view.php?id=49> до термінів, вказаних у таблиці.

Код модуля	Завдання на СРС та контрольні заходи	Кількість годин	Строк проведення
ЗМ-Л	Вивчення певних тем лекційних модулів	20	вересень - грудень
	Підготовка до модульної тестової контрольної роботи (Проміжний тест 1)	5	квітень
ЗМ-П	Вивчення певних тем практичних модулів	20	січень-березень
	Виконання практичної роботи, звіт про виконання		квітень
	Підготовка до заліку (ЗКР)	5	сесія
Разом:		50	

Таблиця нарахування балів за опрацювання лекційних і практичних модулів

№	Види завдань	Максимальна кількість балів
ЗМ-Л	Проміжний тест №1 (обов'язковий)	50
ЗМ-П	Практична робота № 1 (обов'язкова)	50
Разом		100

Максимальна кількість балів поточного контролю за роботу під час семестру, яку може отримати студент за виконання всіх завдань становить **100 балів**.

1. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-Л.

Теоретичний матеріал до **ЗМ-Л** містить структурований електронний конспект лекцій і його опанування оцінюється через відповіді на контрольні тестові питання. Задля уникнення ситуації хаотичного підбирання правильних відповідей, кількість можливих спроб обмежена однією. Всі тести складаються з 10 питань – 60 % правильних відповідей є підставою для зарахування тесту. Нархування балів за опрацювання лекційних занять – максимальна кількість балів за ЗМ-Л становить **50 балів**, зарахування тесту ЗМ-Л відбувається при наявності **30 балів**.

2. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-П.

Контроль виконання практичної роботи **ПР-1** здійснюється через перевірку її правильного виконання. Максимальна кількість балів за виконання практичної роботи становить **50 балів**, зарахування **ПР-1** відбувається при наявності **30 балів**.

3. Методика проведення та оцінювання підсумкового заходу.

Наприкінці періоду вивчення дисципліни студент отримує інтегральну оцінку за відповідною шкалою. Студент вважається допущеним до підсумкового контролю, якщо він виконав всі види робіт, передбачені силлабусом дисципліни і набрав за модульною системою суму **не менше 50 балів** від максимально можливої за практичну та теоретичну частини, а саме – більше 25 балів з теоретичної частини та більше 25 балів з практичної частини.

Інтегральна оцінка по дисципліні, яка закінчується заліком розраховується за формулою:

$$B = 0,75 \times OЗ + 0,25 \times OЗКР,$$

де ОЗ - оцінка за змістовними модулями,

ОЗКР - оцінка залікової контрольної роботи.

Залікова контрольна робота проводиться за тестами відкритого типу оцінки знань базової компоненти навчальної дисципліни і кожний білет складається з 40 запитань, з яких 10 складають питання розділу «Фізика атмосфери». Максимальна оцінка за виконання залікової контрольної роботи дорівнює 100 балам (100%). Використовуються наступні критерії оцінювання: $\geq 60\%$ - зараховано; $< 60\%$ - не зараховано. Підсумкова атестація з дисципліни «Прикладна метеорологія та кліматологія» передбачає виставлення усередненої оцінки з врахуванням оцінок кожного розділу навчальної дисципліни. Але якщо студент не отримує допуск до заліку хоча б з одного розділу, він не отримує залік з дисципліни. Залік зі всієї дисципліни «Прикладна метеорологія та кліматологія» виставляється робочою комісією, в яку входять викладачі, які проводили заняття з окремих розділів дисципліни.

3 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

3.1 Модуль ЗМ-Л

«Фізика формування рідких та твердих фаз води в атмосфері. Турбулентний потік водяної пари в атмосфері. Конденсаційне зростання та випаровування крапель в атмосфері. Кристалізація переохолоджених крапель. Оптичні явища в хмарах, туманах і опадах».

Самостійна робота студента заочної форми навчання щодо вивчення ЗМ-Л вивчення тем лекційних модулів та підготовку до тестової контрольної роботи (Проміжний тест № 1). Вивчення тем лекційних модулів дисципліни, що наведені у п. 2.1 передбачає опрацювання лекційного матеріалу, вивчення основного і, за бажанням, додаткового навчально-методичного забезпечення зі списку літератури, та перевірку знань шляхом виконання студентами Тесту для самооцінки № 1.

Після вивчення змістовного модуля **ЗМ-Л**, за допомогою навчально-методичного забезпечення [1, 2, 3] студент має оволодіти такими знаннями:

- Фазові переходи води в атмосфері.
- Нестійкі та стійкі комплекси молекул водяної пари.
- Конденсація водяної пари в атмосфері.
- Гетерогенна конденсація.

- Атмосферні ядра конденсації.
- Конденсаційне зростання та випаровування крапель в атмосфері.
- Роль конвективних та турбулентних потоків водяної пари.
- Кристалізація переохолоджених крапель.
- Оптичні явища в хмарах, туманах і опадах.

3.1.2 Питання для самоперевірки

1	Фазові переходи води в атмосфері	[1] с.8
2	Нестійкі та стійкі комплекси молекул водяної пари	[1] с.12
3	Конденсація водяної пари в атмосфері	[1] с.14
4	Атмосферні ядра конденсації	[1] с.17
5	Кристалізація переохолоджених крапель	[2] с.483

3.2 Модуль ЗМ-П

«Розрахунки фазових переходів води в атмосфері. Розрахунки критичних радіусів зародків рідкої та твердої фази».

3.2.1 Повчання.

Після вивченням **ЗМ-П**, студенти повинні оволодіти наступними вміннями:

- розраховувати параметри процесів конденсації та випаровування;
- розраховувати критичні радіуси крапель та кристалів.

Наявне в бібліотеці університету і на кафедрі фізики атмосфери та кліматології навчально-методичне забезпечення контрольної роботи ЗМ-П:

1. Недострелова Л.В. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів та виконання практичних завдань з дисципліни «Прикладна метеорологія (ФХО)» для студентів денної форми навчання, рівень бакалавр. Одеса. 2018. 34 с.
2. Данова Т.Є. Конспект лекцій з дисципліни „Фізика хмар”. Дніпропетровськ „Економіка”, 2006. 131 с.
3. Школьний Є.П. Фізика атмосфери. Підручник. Одеса: ОГМІ, 1997. 698 с.
4. www.library-odeku.16mb.com.

4 ПИТАННЯ ДО ЗАХОДІВ ПОТОЧНОГО, ПІДСУМКОВОГО ТА СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ

4.1. Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л (Проміжний тест № 1)

1. Температура, при якій густина води найбільша: ([1], с. 7)
2. Фазові переходи води, коли визволяється енергія: ([1], с. 8)
3. Фазові переходи води, коли витрачається енергія: ([1], с. 8)

4. Тиск насичення в потрійної точки: ([1], с. 10)
5. Переохолоджена вода знаходиться у стані: ([1], с. 12)
6. Атмосфера, в якій неможливо утворення хмар: ([1], с. 12)
7. Фази, в яких знаходиться волога в атмосфері при додатній температурі: ([1], с. 8)
8. Температури, при яких неможливо існування в атмосфері води в рідкому стані: ([1], с. 8)
9. Утворення краплин в атмосфері можливо способом: ([1], с. 17)
10. Формула Магнуса: ([1], с. 9)
11. Розміри ядер Айткена: ([1], с. 24)
12. Рівняння турбулентного переносу вологи: ([2], с. 423)
13. Поверхневий натяг – це: ([1], с. 11)
14. Рівноважна вологість – це: ([4], с. 101)
15. Від чого залежить поверхневий натяг: ([1], с. 11)
16. Умова конденсації водяної пари: ([4], с. 101)
17. Умова випаровування водяної пари: ([4], с. 101)
18. Умова динамічної рівноваги водяної пари: ([4], с. 101)
19. Волога в атмосфері при від'ємній температурі може знаходитись в вигляді: ([1], с. 26)
20. Гомогенна конденсація – це: ([1], с. 12)
21. Формула Клаузіуса-Клайперона, це: ([1], с. 9)
22. Найбільша кількість ядер конденсації утворюється внаслідок: ([1], с. 24)
23. Значення температури та тиску, при яких кипить вода: ([1], с. 8)
24. Тиск насичення водяної пари над льодом ніж над переохолодженою водою при однаковій температурою: ([1], с. 8)
25. Найбільше утворюються краплини води на ядрах конденсації: ([1], с. 24)
26. Водність туману це: ([4], с. 132)
27. Турбулентний потік водяної пари, це: ([2], с. 423)
28. Від чого залежить утворення зародку рідкої фази: ([1], с. 15)
29. Від чого залежить утворення зародку твердої фази: ([1], с. 16)
30. Поверхня, над якою тиск насичення більше ніж над плоскою поверхнею води: ([1], с. 27)

4.2 Варіанти завдань практичної частини курсу

Практична робота № 1 «Розрахунки фазових переходів води в атмосфері. Розрахунки критичних радіусів зародків рідкої та твердої фази» **Короткі теоретичні відомості.**

В задачі розглядаються механізми перетворення хмарних часток в частки опадів та їх залежність від параметрів хмари. Для типового розподілу температури і вологості виконуються розрахунки зростання крапель та льодових часток під час падіння крізь хмару. Зростання крапель у хмарі визначається двома механізмами – конденсацією (сублімацією) та коагуляцією:

$$\frac{dr}{d\tau} = \left(\frac{dr}{d\tau} \right)_{\text{конд}} + \left(\frac{dr}{d\tau} \right)_{\text{коаг}}. \quad (1.1)$$

Конденсаційне зростання крапель:

$$\text{де} \quad \left(\frac{dr}{d\tau} \right)_{\text{конд}} = \frac{D}{r_g} \frac{\rho_{\text{вх}}}{\rho_g} \frac{\mu}{M} \frac{E_g}{p} (f-1) \frac{\phi(\text{Re})}{1+\chi_g}, \quad (1.2)$$

$$\phi(\text{Re}) = 1 + 0,24\sqrt{\text{Re}}, \quad (1.3)$$

$$\chi_g = \frac{D\mu^2 L^2 \rho_{\text{вх}} E_g}{k N_A M T^2 \lambda p}, \quad (1.4)$$

r_g – радіус краплі; τ – час; D – коефіцієнт молекулярної дифузії пари; ρ_g , $\rho_{\text{вх}}$, μ , M – густина і молярні маси води та повітря відповідно; E_g – тиск насиченої водяної пари над водою; p – атмосферний тиск; f – відносна вологість у хмарі; k – стала Больцмана; N_A – число Авогадро; $\phi(\text{Re})$ – безрозмірний коефіцієнт вентиляції; Re – число Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{2r_g V(r_g)}{\nu}, \quad (1.5)$$

$V(r_g)$ – швидкість падіння краплі у повітрі; λ, ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості та коефіцієнт теплопровідності повітря.

Швидкість падіння $V(r_g)$ може бути розрахована:

$$V(r_g) = 9,6(1 - \exp(-1200r_g))(1 - \exp(-12000r_g))\phi(z). \quad (1.6)$$

Множник $\phi(z)$ враховує зміни швидкості падіння крапель з висоти, пов'язані зі змінами густини повітря:

$$\phi(z) = \sqrt{\rho_{\text{вх.н}} \rho_{\text{вх}}(z)}, \quad (1.7)$$

ρ – густина повітря при нормальних умовах ($p=1013,6 \text{ гПа}$, $T=293 \text{ К}$).

Коагуляційне зростання крапель:

$$\left(\frac{dr_g}{d\tau} \right)_{\text{коаг}} = \frac{(r_g, r') V(r_g) q}{4\rho_g}, \quad (1.8)$$

де q – водність хмари, $E(r_g, r')$ – коефіцієнт захоплення краплею радіуса r крапель радіусом r' (при $r' < r_g$). Рівняння до зростання крапель:

$$d\tau = \frac{dz}{\omega - V(r_g)}. \quad (1.9)$$

Для шаруватоподібних хмар значенням ω можна знехтувати порівнюючи зі $V(r_g)$, при цьому для краплі, яка падає, $dz < 0$. Водність хмар:

$$\bar{q} = q_0 + B(\bar{T} - 273), \quad (1.10)$$

де $q_0 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ кг} / \text{м}^3$ – середня водність хмари при $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$;

$B = 0,75 \cdot 10^{-5} \text{ кг} / (\text{м}^3 \cdot \text{K})$ – коефіцієнт пропорційності.

Розглянемо два випадки:

а) Парціальний тиск водяної пари змінюється на de при $T = \text{const}$. Тоді, якщо V_1 - об'єм який займає кожна молекула у фазі пари, то змінення її вільної енергії дорівнює [9]:

$$d\Phi_1 = V_1 de.$$

Для такого ж змінення тиску у рідкій фазі змінення вільної енергії кожної молекули буде

$$d\Phi_2 = V_2 de,$$

де V_2 - об'єм, що займає кожна молекула у рідкій фазі.

Звідси

$$d(\Phi_1 - \Phi_2) = (V_1 - V_2) de \approx V_1 de.$$

Отже,

$$d(\Phi_1 - \Phi_2) = \frac{kT}{e} de, \quad (1.11)$$

де k - стала Больцмана.

Інтеграл диференціального рівняння (1.11) є

$$\Phi_1 - \Phi_2 = kT \ln e + c. \quad (1.12)$$

Довільну сталу c визначимо при такій умові: нехай $e = E$ - тиск насиченої пари над плоскою поверхнею сконденсованої води, тоді $\Phi_1 = \Phi_2$ і $c = -kT \ln E$.

Таким чином,

$$\Phi_1 - \Phi_2 = kT \ln \frac{e}{E} \quad (1.13)$$

і, якщо урахувати рівняння (1.11), маємо

$$r_{kp} = \frac{2\sigma\mu}{\rho_k NkT \ln \frac{e}{E}}. \quad (1.14)$$

Оскільки $Nk = R^*$ - універсальна газова стала, а $\frac{R^*}{\mu} = R_n$ - питома газова стала водяної пари, то

$$r_{kp} = \frac{2\sigma}{\rho_k R_n T \ln \frac{e}{E}}. \quad (1.15)$$

Рівняння (1.15) називається рівнянням Фолмера-Гіббса.

б) Нехай при $e = \text{const}$ температура змінюється на dT . Тоді

$$d(\Phi_1 - \Phi_2) = -\frac{L}{T} dT, \quad (1.16)$$

де L - питома теплота конденсації (пароутворення).

Проінтегруємо диференціальне рівняння (1.16) від T_H до T , де T_H - температура насичення. Будемо мати:

$$\Phi_1 - \Phi_2 = L \ln \frac{T_H}{T}. \quad (1.17)$$

Комбінуючи формули (1.11) і (1.17) отримаємо:

$$r_{kp} = \frac{2\sigma\mu}{\rho_k N L \ln \frac{T_H}{T}}. \quad (1.18)$$

Формули (1.15) і (1.18) показують, що для утворення нової фази обов'язково треба перейти метастабільну границю, тобто необхідно або пересичення $e > E$, або переохолодження $T_H > T$.

Порядок виконання роботи

1. Для заданих у табл. 2.1 варіантів розрахувати утворення нової фази за формулою 1.15.
2. Для заданих у табл. 2.1 варіантів розрахувати утворення нової фази за формулою 1.18.
3. Зробити аналіз отриманих результатів.

Таблиця 1 – Варіанти вихідних даних

№	t_1	t_2	t_3	$(E_r/E)_1$	$(E_r/E)_2$	$(E_r/E)_3$	t
1	17,0	-2,0	-27,0	3	7	8	22,0
2	6,0	-6,0	-19,0	4	6	9	18,0
3	20,0	-4,0	-24,0	2	4	6	28,0
4	11,0	-9,0	-35,0	4	8	9	14,0
5	14,0	-4,0	-14,0	5	7	9	26,0
6	15,0	7,0	-3,0	2	4	7	18,0
7	9,0	1,3	-7,8	3	5	10	7,0
8	23,0	18,5	10,2	2	6	9	3,0
9	5,0	-2,0	-10,0	4	8	10	20,0
10	11,0	5,4	-12,0	3	5	8	16,5
11	14,0	2,0	-14,0	2	3	7	17,5
12	22,0	11,0	-13,0	3	4	5	22,0
13	7,0	-2,3	-20,0	4	6	8	15,0
14	8,0	-15,0	-30,0	2	7	9	10,0
15	23,0	12,0	-15,0	3	6	10	12,0

Література [1-4].

Критерії оцінювання виконання практичного завдання:

- 1) Відповіді є повними та правильними – 100%;
- 2) Відповіді є правильними, але не повними – 74%;
- 3) Відповіді не завжди є правильними та повними – 60%;
- 4) Відповіді не правильні або відсутні – 0%.

4.3 Тестові завдання до заліку

1. Фазові переходи води, коли визволяється енергія: ([1], с. 8)
2. Кількість тепла, яка звільниться при конденсації 1 кг водяної пари: ([1], с. 7)
3. Щоб розплавити 1 кг льоду треба затратити тепла: ([1], с. 7)
4. Утворення краплин в атмосфері можливо способом: ([1], с. 15-16)
5. Тиск насичення в потрійної точки: ([1], с. 10)
6. Розміри ядер Айткена: ([1], с. 24)
7. Переохолоджена вода знаходиться у стані: ([1], с. 12)
8. Фазові переходи води, коли витрачається енергія: ([1], с. 8)
9. Волога в атмосфері при від'ємній температурі може знаходитись в вигляді: ([1], с. 26)
10. Умова конденсації водяної пари: ([4], с. 101)
11. Умова випаровування водяної пари: ([4], с. 101)
12. Умова динамічної рівноваги водяної пари: ([4], с. 101)
13. Температура, при якій густина води найбільша: ([1], с. 7)
14. Гетерогенна конденсація – це: ([1], с. 24)
15. Гомогенна конденсація – це: ([1], с. 12)
16. Рівноважна вологість – це: ([4], с. 101)
17. Поверхневий натяг – це: ([1], с. 11)
18. Від чого залежить поверхневий натяг: ([1], с. 11)
19. Тиск насичення водяної пари більше при одній і тій же температурі: ([1], с. 10)
20. Значення параметрів потрійної точки води: ([1], с. 10)
21. Від чого залежить тиск насичення водяної пари: ([1], с. 10)
22. Найбільша кількість ядер конденсації утворюється внаслідок: ([1], с. 24)
23. Турбулентний потік водяної пари, це: ([2], с. 423)
24. Температура, при якій густина води найбільша: ([1], с. 7)
25. Поверхня, над якою тиск насичення більше ніж над плоскою поверхнею води: ([1], с. 27)
26. Від чого залежить утворення зародку рідкої фази: ([1], с. 15)
27. Від чого залежить утворення зародку твердої фази: ([1], с. 16)
28. Формула Клаузіуса-Клайперона, це: ([1], с. 9)
29. Фази, в яких знаходиться волога в атмосфері при додатній температурі: ([1], с. 10)
30. Розміри великих ядер конденсації: ([1], с. 24)
31. Розміри гігантських ядер конденсації: ([1], с. 24)
32. Значення параметрів потрійної точки води: ([1], с. 10)

33. Конденсація, яка можлива в реальній атмосфері: ([1], с. 24)
34. Найбільша частина води в атмосфері знаходиться у вигляді: ([1], с. 10)
35. Формула Магнуса, це: ([1], с. 9)
36. Значення температури та тиску, при яких кипить вода: ([1], с. 10)
37. Тиск насичення водяної пари над льодом ніж над переохолодженою водою при однаковій температурі: ([1], с. 10)
38. Від чого залежить турбулентний потік водяної пари: ([2], с. 423)
39. Фактори, від яких залежить тиск насиченої пари «Е» над краплиною: ([1], с. 27)
40. Співвідношення, між тиском насичення над поверхнею води та льоду при від'ємних температурах: ([1], с. 10)

5 ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Основна

1. Данова Т.Є. Конспект лекцій з дисципліни „Фізика хмар”. Д.: „Економіка”, 2006. 131 с.
2. Школьний Є.П. Фізика атмосфери. Підручник. О.: ОГМІ, 1997. 698 с.
3. Недострелова Л.В. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів та виконання практичних завдань з дисципліни «Прикладна метеорологія (ФХО)» для студентів денної форми навчання, рівень бакалавр. Одеса. 2018. 34 с.
4. Задачник по общей метеорологии. Под ред. Морачевского В.Т. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 311с.
5. www.library-odeku.16mb.com.

Додаткова

1. Борисова С.В. Конспект лекцій з фізики атмосфери. О.: «ТЄС», 2007. 198 с.
2. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Фізика атмосфери. Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 386 с.
3. Волошина Ж.В., Волошина О.В. «Фізика атмосфери (задачі і вправи)». К.: КНТ, 2007. 252 с.
4. Психрометрические таблицы. Л.: Гидрометеоиздат, 2001. 270 с.

Інтернет – посилання

1. http://eprints.library.odeku.edu.ua/455/1/DanovaTE_Fizika_hmar_KL_2006.pdf
2. http://eprints.library.odeku.edu.ua/420/1/Shkolnyiy_Fizika_atmosfery_2005.pdf
3. http://eprints.library.odeku.edu.ua/7296/1/%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4_%D0%A4%D0%A5%D0%9E_2018.pdf