

Завдання для студентів групи Е 4.

Завдання 1.1 Побудувати графіки залежності тиску p повітря атмосфери від висоти h , в межах від 0 до 10 км, при умові, що $T = 3 \cdot 10^2$ К, $p_0 = 1,01 \cdot 10^5$ Па для двох випадків, а саме коли:

- температура атмосфери із збільшенням висоти не змінюється ($T = \text{const}$);
- температура атмосфери із збільшенням висоти на кожний кілометр змінюється на $5, n^*$, де n^* – порядковий номер студента в списку академічної групи.

Методичні рекомендації. Повітря розглядається як однорідний ідеальний газ який складається з ефективних двохатомних молекул [1-4] молярна маса яких складає $M = 2,9 \cdot 10^{-2} \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}$. Беручи до уваги, що середнє

значення прискорення вільного падіння дорівнює $g = 9,8 \frac{\text{М}}{\text{С}^2}$, і

$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{МОЛЬ} \cdot \text{К}}$ – універсальна газова стала, $T = 3 \cdot 10^2$ К – температура повітря, барометричну формулу запишемо у вигляді:

$$p(h) = 1,01 \cdot 10^5 \exp\left(\frac{2,9 \cdot 10^{-2} \cdot 9,8}{8,31 \cdot 3 \cdot 10^3} h\right) = 1,01 \cdot 10^5 \exp(1,4 \cdot 10^{-4} h). \quad (1)$$

Змінюючи числове значення від $1 \cdot 10^3$ м до $10 \cdot 10^3$ м, за формулою (1) знаходимо $p(1 \cdot 10^3)$, $p(2 \cdot 10^3)$, ..., $p(10 \cdot 10^3)$ і по точкам будуємо графік залежності тиску повітря від висоти.

Якщо ж температура повітря зменшується на $5, n^*$ Кельвін на кожний кілометр, тоді у формулу (1) потрібно підставити не $T = 3 \cdot 10^2$ К, а

температуру $T = 300 - 2 \cdot 5,14 = 289,72 \text{ К}$, якщо покласти $n = 14$, а $h = 2 \cdot 10^3 \text{ м}$, К. Змінюючи величину температури на кожний кілометр у формулі (1), знову потрібно знайти $p(1 \cdot 10^3)$, $p(2 \cdot 10^3)$, ..., $p(10 \cdot 10^3)$ і по точкам побудувати графік залежності тиску повітря від висоти.

Завдання 1.2 Знайти концентрацію n ефективних молекул повітря на висотах $h = 0 \text{ км}$ і $h = n^* \text{ км}$ (n^* – порядковий номер студента в списку академічної групи) для двох вищезазначених у задачі 1.1 випадках та визначити у скільки разів відрізняються отримані концентрації.

Методичні рекомендації.

Концентрація ефективних молекул повітря із зміною висоти змінюється за законом:

$$n(h) = n_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}}, \quad (2)$$

де $n_0 = 2,68 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ – концентрація ефективних молекул повітря на висоті $h = 0 \text{ м}$. Поклавши $h = n^* \text{ км}$ за формулою (2) розрахувати величину $n(n^*)$ для двох випадків, тобто коли температура дорівнює $T = 3 \cdot 10^2 \text{ К}$, і коли вона змінюється як $5, n^*$ на кожний кілометр.

Завдання 2.1 Знайти зменшення температури ΔT повітря атмосфери, що адіабатично розширюється при підйомі на висоту на якій відношення $\frac{P_n}{P_1} = 0,9 - 0,0n$ (n – порядковий номер студента в списку академічної групи), а також на висоту, що відповідає цьому тискові, який потрібно визначити

користуючись графіком залежності тиску повітря від висоти у завданні 1.1. Початкова температура складає $T = 2,9 \cdot 10^2$ К.

Методичні рекомендації.

Згідно з першим законом термодинаміки при адіабатичному процесі ($Q = 0$) зміна внутрішньої енергії дорівнює:

$$\Delta U = -A, \quad (3)$$

де

$$\Delta U = \frac{i}{2} \frac{m}{M} \Delta T, \quad (4)$$

$$A = \frac{i}{2} \frac{m}{M} T_1 \left\{ 1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right\}, \quad (5)$$

У формулах (4) і (5) i – число ступенів вільності (повітря розглядається як однорідний ідеальний газ який складається з ефективних двоатомних молекул), $\gamma = \frac{i+2}{i}$ – показник адіабати.

Користуючись наведеними формулами знаходимо зміну температури при адіабатичному розширенні повітря.

Завдання 2.2 Знайти зменшення температури ΔT повітря атмосфери, якщо при його підйманні і охолодженні (відповідно з умовою попередньої задачі) відбувається конденсація деякої кількості парів води, що знаходяться в повітрі. Будемо вважати, що маса m_p пари, яка сконденсувалася,

змінюється за законом $m_p = 0,00n \cdot m$, тобто складає тисячні долі від маси повітря (n – порядковий номер студента в списку академічної групи).

Питома теплота пароутворення дорівнює $\lambda = 2,5 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$.

Методичні рекомендації.

При розв'язанні задачі потрібно у зміні внутрішньої енергії потрібно врахувати виділення теплоти пароутворення при конденсації пари:

$$\Delta U = -A + \lambda m, \quad (6)$$

де λ - питома теплота пароутворення, m - маса конденсованого пара

Завдання 2.3 Розрахувати швидкість рівномірного руху каплі води v_p , якщо її радіус $R = n$ (n – порядковий номер студента в списку академічної групи), а в'язкість повітря складає $\eta = 1,8 \cdot 10^{-5}$ Па · с.

Методичні рекомендації.

При розв'язанні задачі потрібно врахувати що сила тяжіння та сила Стокса, які діють на каплю води зрівноважені.

Завдання 2.4 Визначити напрям руху каплі, якщо швидкість вихідного потоку $v_v = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Методичні рекомендації.

Капля води, яка рівномірно падає, може бути або зупинена, або розпочати рух вгору, якщо вертикальна швидкість висхідного потоку більша швидкості каплі.

2. Повторити перший закон термодинаміки. Адіабатичний процес [2,3]
3. Розглянути тему грозові хмари [1,4,5].
4. Користуючись [6] зробити конспект лабораторної роботи „Визначення ємності конденсатора” (с.7 – 10), та дати відповідь на контрольні запитання, які наведені на сторінці 10.

Література

1. Омелянко І. Ф., Полупан О. В., Шишко Н. С. Конспект лекцій з дисципліни „Фізико-хімічні методи аналізу забруднення речовин та санітарно-хімічний аналіз” – Харків: ХНУБА, 2018. – 80 с.
2. Куліш В. В., Соловійов А. М., Кузнецова О. Я., Куліщенко В. М. Фізика для інженерних спеціальностей. Кредитно-модульна система, частина 1. – К. : НАУ (національний авіаційний університет), 2004. – 456 с.
3. Детлаф А. А., Яворский Б. М. Курс фізики. – М. :, Издательский центр «Академия», 2008. – 720 с.
4. Школьный Є.П. Фізика атмосфери: Підручник. – К.: КНТ, 2007. – 508 с.
5. Матвеев Л. Т., Т. Н. Сафранов. Фізика атмосфери : учебник для студентов – Львів: Новий Світ. – 2000, 2004. – 248 с.
6. Леонов В. П., Чернець І. В., Шишко Н. С. Методичні вказівки до лабораторних робіт з фізики (розділ „Електромагнетизм”) – Харків, ХНУБА. – 40 с.