**Реальні гази**

Теоретичні матеріали, необхідні для вирішення задач п.2.3, наведено у п. 1.1.5 – п.1.1.7 даного навчального посібника.

**Приклад 3.1.** Для повітря коефіцієнти Ван-дер-Ваальса складають: *a*=1,3078·106 Нм4/кмоль2, *b* = 0,114 м3/кмоль. Розрахувати мольний об’єм повітря за рівнянням стану ідеального газу і за рівнянням Ван-дер-Ваальса, якщо *p*=100кПа, *T*= 273 К. Знайти відхилення [8].

*Рішення.* З рівняння (1.10) знаходимо:



м3/кмоль.

Підставляємо у рівняння (1.22) значення коефіцієнтів *a* і *b*, а у знаменник в перших дужках – знайдене значення :

.

Отримаємо: =22,25 м3/кмоль. Після другого наближення знаходимо: =22,23 м3/кмоль. Відхилення:



**Задача 3.1.** Для азоту коефіцієнти Ван-дер-Ваальса складають: *a* = 0,135·106 Нм4/кмоль2, *b* = 0,0386 м3/кмоль. Розрахувати мольний об’єм азоту за рівнянням стану ідеального газу і за рівнянням Ван-дер-Ваальса для умов заданих в табл. 2.11. Знайти відхилення.

**Задача 3.2.** Для газу в табл. 2.12 задані коефіцієнти Ван-дер-Ваальса. Розрахувати мольний об’єм газу за рівнянням Ван-дер-Ваальса для *p* = 80 кПа, *T*=200 К.

Таблиця 2.11 – Вихідні данні для задачі 3.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Варіант** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| *P*, кПа | 100 | 80 | 90 | 50 | 110 | 120 | 130 | 75 | 125 | 200 |
| *T*, К | 260 | 256 | 244 | 227 | 265 | 241 | 234 | 205 | 220 | 213 |

Таблиця 2.12 – Вихідні данні для задачі 3.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Варіант** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| *а·*106 | 0,1344 | 0,0245 | 0,1358 | 0,208 | 1,955 | 0,543 | 1,00 | 0,805 | 1,33 | 0,909 |
| *b* | 0,0322 | 0,0267 | 0,0317 | 0,017 | 0,127 | 0,064 | 0,11 | 0,106 | 0,098 | 0,072 |

**Задача 3.3.** Розрахувати коефіцієнт*а* в рівнянні Ван-дер-Ваальса для заданих умов в табл. 2.13. Коефіцієнт *b* взяти з умов задачі 3.2.

Таблиця 2.13 – Вихідні данні для задачі 3.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Варіант** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| *P*, кПа | 100 | 80 | 90 | 150 | 110 | 120 | 130 | 95 | 125 | 100 |
| *T*, К | 260 | 276 | 274 | 287 | 265 | 271 | 284 | 305 | 300 | 313 |
| , м3/кмоль | 21,3 | 28,1 | 25,14 | 15,7 | 19,9 | 18,65 | 17,8 | 26,1 | 19,4 | 25,5 |

**Задача 3.4.** Знайти відхилення мольного об’єму заданого газу (див. табл. 2.14), розрахованого за рівнянням Ван-дер-Ваальса від ідеального за нормальних умов.

Таблиця 2.14 – Вихідні данні для задачі 3.4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Варіант** | **Газ** | **Варіант** | **Газ** |
| **1** | Азот | **6** | Кисень |
| **2** | Аргон | **7** | Неон |
| **3** | Водяна пара | **8** | Оксид вуглецю |
| **4** | Водень | **9** | Метан |
| **5** | Гелій | **10** | Двооксид вуглецю |

**2.4 Практичне заняття №4. Теплоємність**

Теоретичні матеріали, необхідні для вирішення задач п.2.4, наведено у п.1.1.8 – п.1.1.11 даного навчального посібника.

**Приклад 4.1.** Ентальпія азоту при нагріві при постійному тиску з 20 до 60°С збільшилася на 41,5 кДж/кг. Знайти масову теплоємність азоту при постійному тиску та при постійному об’ємі [8].

*Рішення.* Теплоємність при постійному тиску з рівняння (1.63):

*Cp = (i2 – i1) / (t2 – t1) = 41,5/(60 – 20) = 1,038* кДж/кгК.

Знайдемо газову сталу для азоту, враховуючі його молекулярну масу (рівняння 1.19):

*R= Rμ/μ* = 8314/28 =297 Дж/кмольК = 0,297 кДж/кмольК.

З рівняння (1.37) маємо:

*Сv = Ср* - *R* = 1,038 – 0,297 = 0,741 кДж/кмольК.

**Задача 4.1.** Ентальпія кисню при нагріві при постійному об’єму з 10 до 70°С збільшилася на 39 кДж/кг. Знайти масову теплоємність кисню при постійному тиску і при постійному об’ємі та об’ємну теплоємність при постійному тиску.

**Задача 4.2.** За умов **задачі 2.5** знайти теплоємності суміші при постійному тиску і постійному об’ємі.

**Задача 4.3.** Для заданих умов в табл. 2.15 знайти ентальпію газу та його внутрішню енергію.

Таблиця 2.15 – Вихідні данні для задачі 4.3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Варіант** | **Газ** | ***р*, кПа** | ***Т*, ºС** |
| **1** | Азот | 100 | 150 |
| **2** | Кисень | 150 | 50 |
| **3** | Двооксид вуглецю | 80 | 200 |
| **4** | Повітря | 101 | 25 |
| **5** | Оксид вуглецю | 170 | 500 |
| **6** | Азот | 170 | 320 |
| **7** | Кисень | 200 | 850 |
| **8** | Двооксид вуглецю | 140 | 440 |
| **9** | Повітря | 350 | 200 |
| **10** | Оксид вуглецю | 130 | 640 |

**Задача 4.4.** Знайти внутрішню енергію газу для заданих умов в табл. 2.16.

Таблиця 2.16 – Вихідні данні для задачі 4.4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Варіант** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| *P*, кПа | 100 | 80 | 90 | 150 | 110 | 120 | 130 | 95 | 125 | 100 |
| *v*, м3/кг | 1,2 | 1,3 | 1,25 | 1,66 | 1,71 | 1,58 | 1,78 | 2,05 | 1,9 | 3,06 |
| *і*, кДж/кг | 202 | 250 | 240 | 306 | 320 | 340 | 450 | 440 | 470 | 600 |

**Задача 4.5.** Для заданого газу (див. табл. 2.17) визначити показник адіабати за допомогою додатків 3,4 для температур 100; 200; 300; 400; 500 ºС. Знайти відхилення від теоретичного значення. Як воно змінюється з ростом температури?

Таблиця 2.17 – Вихідні данні для задачі 4.5

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Варіант** | **1,2** | **3,4** | **5,6** | **7,8** | **9,10** |
| Газ | Азот | Кисень | СО2 | Н2О | Повітря |