**Завдання ІІ етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики**

**11 клас**

Задача 1

Балон місткістю 0,05 *м*3 наповнений стиснутим повітрям під тиском 15 *МПа* при температурі 17 о*С*. Який об’єм води можна витіснити цим повітрям з цистерни підводного човна на глибині 50 *м*? Температура морської води 280 *К*, густина 1030 *кг*/*м*3. Атмосферний тиск становить 100 *кПа*.

Розв’язання

Оскільки маса повітря не змінюється, запишемо об’єднаний газовий закон

*P*1*V*1  *P*2*V*2

*T*1 *T*2

і знайдемо об’єм, який займе газ при нових параметрах стану

*V*2  *P*1*V*1*T*2 . (1)

*T*1*P*2

Тиск на глибині 50 м

*P*2  *gh*  *PA* , (2)

де *h*  глибина,

*PA*  тиск атмосфери.

Об’єм води, який можна витіснити

*V*

 *V*2  *V*1. (3)

 Підставляючи (1) і (2) у (3), отримаємо

*V* =*V* $\frac{P\_{1}T\_{2}}{T\_{2}(ρgh+P\_{A})}-1$ ≅ 1,15 м3 .

Задача 2

Під час польоту літака за нормальних умов на невеликій висоті над землею повітря всмоктується до турбореактивного двигуна через повітрозабірники площею 𝑆 = 1м2. У камері згорання повітря підтримує процес згорання рідкого полива (гасу). 12000 кг палива вистачає на 3 год 30 хв. роботи двигуна, який створює силу тяги 170 кН.

Визначте швидкість витоку газів із сопел двигуна в режимі польоту зі сталою швидкістю 𝑣 =900 км/год.

За нормальних умов густина повітря 𝜌 = 1,3 $\frac{кг}{м^{3}}$

Розв’язок

Швидкість витоку газів розрахуємо із ІІ закону Ньютона у вигляді ∆𝑝 = 𝐹𝑡, де ∆𝑝 – зміна імпульсу газів, що витікають із сопел двигуна в режимі польоту.

За 𝑡 = 1 с імпульс газів змінюється на величину ∆𝑝 = 𝑀𝑢, де 𝑢 – швидкість витоку газів, 𝑀 – їх маса.

Отже, 𝑀𝑢 = 𝐹𝑡 (1).

Із сопла витікають гази, які утворилися під час згорання рідкого палива, та

залишку повітря: 𝑀 = ∆𝑚 + 𝜌𝑉 =$\frac{m}{t}$ + 𝜌𝑉, де ∆𝑚 – витрати пального за 1

секунду, 𝑉 – об’єм повітря, яке всмокталося через повітрозабірники, за одну

секунду.

За 1 секунду літак долає відстань 𝐿 = 𝑣𝑡, тому об’єм повітря, що прокачується під час польоту на дану відстань, дорівнює 𝑉 = 𝑆𝐿 = 𝑆𝑣𝑡.

Отже, 𝑀 = $\frac{m}{t}$+ 𝜌𝑆𝑣𝑡 (2).

 𝑚

Підставимо вираз (2) у (1): ($\frac{m}{t}$+ 𝜌𝑆𝑣𝑡)𝑢 = 𝐹𝑡.

Звідси 𝑢 = $\frac{Ft}{\frac{m}{t}+ρSvt}$;

𝑢 = $\frac{170000 H ∙ 1c}{\frac{12000 кг}{3 год 30 хв}+1,3\frac{кг}{м^{3}}∙1 м^{2}∙900\frac{км}{год}∙1с}$ = 527,1 $\frac{м}{с}$.

Задача 3

Два конденсатори ємністю 2 мкФ і 3 мкФ включені в коло, яке містить джерело струму з електрорушійною силою 8,4 В. Визначте напругу на конденсаторах, якщо внутрішній опір джерела

0,4 Ом, а опори R1, R2 і R3 відповідно дорівнюють

 3 Ом, 1 Ом і 5 Ом.

Розв’язок

I

С

В

D

А

Запишемо закон Ома для повного кола: 𝐼 = Ԑ .

𝑟+𝑅1+𝑅3

Напруга на резисторі 𝑅 дорівнює 𝑈 = 𝐼𝑅 = Ԑ𝑅3

3 3 3

𝑟+𝑅1+𝑅3

(1).

Аналогічну напругу буде мати ділянка кола з конденсаторами, оскільки з резистором 𝑅3 утворює паралельне з’єднання ділянок електричного кола між точками А та В. Напруга на ділянці кола з конденсаторами дорівнює сумі напруг на обох конденсаторах: 𝑈3 = 𝑈1 + 𝑈2 (2).

Оскільки 𝑈 = 𝑞

1

𝐶1

(3), 𝑈 = 𝑞

𝐶2

2

1. , то вираз (2) набуває вигляду:

Звідси 𝑞 = 𝑈3𝐶1𝐶2 (5).

𝐶1+𝐶2

𝑈 = 𝑞

𝐶1

3

+ 𝑞

𝐶2

= 𝑞 𝐶1+𝐶2.

𝐶1𝐶2

Підставимо вираз (1) у вираз (5) та отримаємо:

𝑞 = Ԑ𝑅3𝐶1𝐶2 (6)

(𝑟+𝑅1+𝑅3)(𝐶1+𝐶2)

Підставимо вираз (6) у вирази (3) та (4):

𝑈1 = Ԑ𝑅3𝐶1𝐶2 = Ԑ𝑅3𝐶2 ;

𝐶1(𝑟+𝑅1+𝑅3)(𝐶1+𝐶2) (𝑟+𝑅1+𝑅3)(𝐶1+𝐶2)

𝑈2 = Ԑ𝑅3𝐶1𝐶2 = Ԑ𝑅3𝐶1 .

𝐶2(𝑟+𝑅1+𝑅3)(𝐶1+𝐶2) (𝑟+𝑅1+𝑅3)(𝐶1+𝐶2)

𝑈 = 8,4 В∙5 Ом∙3 мкФ

= 3В;

1

(0,4 Ом+3 Ом+ 5 Ом)(2 мкФ+3 мкФ)

= 2В.

𝑈 = 8,4 В∙5 Ом∙2 мкФ

2

(0,4 Ом+3 Ом+ 5 Ом)(2 мкФ+3 мкФ)

Задача 4

У експерименті для охолодження зразків використовували зріджений гелій об’ємом 4 л. Половина гелію випарувалася. Його було зібрано та перекачано до резервуару сталого об’єму 24,9 м3, у якому вже був гелій за температури 300 𝐾 і тиску 105 Па. Температура в резервуарі не змінюється. Уважайте, що молярна

маса гелію становить 4  г , густина зрідженого гелію – 0,125  г , універсальна

моль

см3

газова стала 8,3 Дж

моль∙К

. На скільки відсотків збільшився тиск гелію в резервуарі?

Розв’язок

Визначимо масу гелію 𝑚0, який випарувався: 𝑚0 = 𝜌0 𝑉0

2

(1), де 𝜌0 –

густина зрідженого гелію, 𝑉0 – об’єм гелію.

Щоб визначити масу гелію 𝑚, який вже був у резервуарі, використаємо

рівняння Мендєлєєва-Клапейрона: 𝑃𝑉 = 𝑚 𝑅𝑇. Звідси 𝑚 = 𝑃𝑉𝑀 (2).

𝑀 𝑅𝑇

Після додавання випарованого гелію в резервуар, у ньому загальна маса гелію 𝑚1 стала дорівнювати 𝑚1 = 𝑚0 + 𝑚 (3).

Тиск гелію в резервуарі визначимо з рівняння Мендєлєєва-Клапейрона:

𝑃1𝑉 = 𝑚1 𝑅𝑇. Звідси 𝑃1 = 𝑚1 𝑅𝑇.

𝑀 𝑀𝑉

Якщо врахуємо в даному виразі вирази (1), (2), (3), то отримаємо:

(𝑚

+ 𝑚)

(𝜌0𝑉0+ 𝑃𝑉𝑀)

𝜌 𝑉 𝑅𝑇

𝑃1 = 0 𝑅𝑇 = 2 𝑅𝑇 𝑅𝑇 =  0 0 + 𝑃.

𝑀𝑉

𝑀𝑉

2𝑀𝑉

Під час перекачування гелію тиск змінився на величину ∆𝑃:

∆𝑃 = 𝑃1 − 𝑃 = 𝜌0𝑉0𝑅𝑇 + 𝑃 − 𝑃 = 𝜌0𝑉0𝑅𝑇.

2𝑀𝑉 2𝑀𝑉

Отже тиск гелію в резервуарі збільшився на ∆𝑃 ∙ 100%:

𝑃

# ∆𝑃 ∙ 100% = 𝜌0𝑉0𝑅𝑇 ∙ 100%.

𝑃 2𝑀𝑉𝑃

∆𝑃

0,125∙103 кг ∙4∙10−3 м3∙8,31 Дж ∙ 300 𝐾

# 100% =

м3

 кг

моль∙К

# 100% = 6,26%.

𝑃 2∙4∙10−3 моль∙24,9 м3∙105 Па