

# XXXVI OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP I

## Zadanie teoretyczne.

### ZADANIE T3

Nazwa zadania: „Energia wewnętrzna gazu”

Równanie stanu pewnego gazu niedoskonałego ma postać

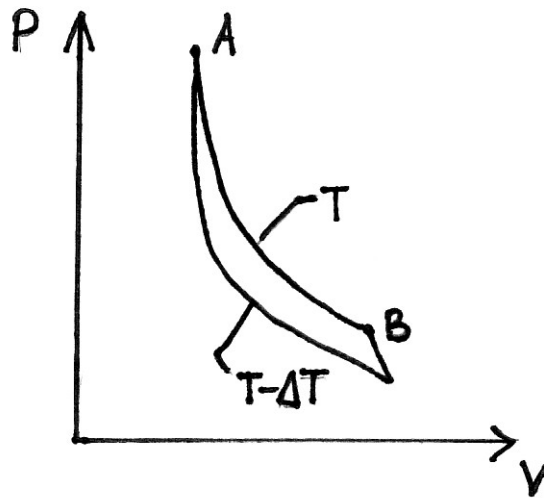
$$\frac{pV^3}{V^2 + \alpha^2} = RT,$$

gdzie  $\alpha$  jest pewną stałą. Wykaż, że energia wewnętrzna gazu nie ulega zmianie podczas przemiany izotermicznej.

*Wskazówka:* Rozważ odwracalny silnik Carnota pracujący między dwiema izotermami odpowiadającymi temperaturom  $T$  i  $T - \Delta T$ , gdzie  $\Delta T \ll T$ .

### ROZWIĄZANIE ZADANIA T3

Rozpatrzmy cykl Carnota, w którym temperatury obu izoterm różnią się nieznacznie o  $\Delta T$  (ryc. 6). Przy rozprężaniu pracę wiążemy z ciśnieniem  $p(T, V) = f(V) \cdot T$ ,



Ryc. 6

a przy sprężaniu z ciśnieniem

$$p(T - \Delta T) = f(V) \cdot (T - \Delta T) = \frac{T - \Delta T}{T} \cdot p(T, V).$$

Zatem

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{T - \Delta T}{T}$$

a więc

$$1 - \frac{L_2}{L_1} = \frac{L_1 - L_2}{L_1} = \frac{\Delta T}{T}.$$

Sprawność cyklu, jak wiadomo z II zasady termodynamiki, wynosi

$$\frac{L_1 - L_2}{Q_1} = \frac{\Delta T}{T}.$$

Z porównania ostatnich dwóch wzorów odczytujemy od razu, że

$$L_1 = Q_1.$$

Uwzględniając znaki, dla różnicy energii wewnętrznych w punktach A i B mamy (1 zasada termodynamiki):

$$\Delta U = U(B) - U(A) = Q_1 - L_1 = 0$$

co dowodzi tezy, której trzeba było dowieść.

Z powyższego dowodu widać, że konkretny kształt równania stanu jest nieistotny o ile tylko  $p = f(V)T$ .

*Zadanie sprawdzono stosując następujące kryteria:*

- 1) obliczenie  $1-L_2/L_1$                     5 pkt
- 2) wykazanie, że  $L_1 = Q_1$             3 pkt
- 3) wyznaczenie  $\Delta U$     2 pkt

Mimo, że od pewnego czasu zadania z termodynamiki pojawiają się wśród zadań olimpijskich wszystkich stopni dość często, nie cieszą się one dużą popularnością. Omawiane zadanie wybrało około 20% zawodników. Rozwiązań dobrych było około 3/4, większość z nich była zbliżona do rozwiązania, które podaliśmy. Rozwiązań nietypowych było niewiele, w większości zawierających istotne błędy. Najczęstszym z nich było milczące zakładanie na samym początku tego, co należało udowodnić.

Źródło:

Zadanie pochodzi z czasopisma „Fizyka w Szkole”86/87

Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie

[www.of.szc.pl](http://www.of.szc.pl)