Zadanie 6.1. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów […], wykresów, […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska […]. VI.11) analizuje wykresy przemian gazu doskonałego; VI.12) stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu.

Zasady oceniania
1 pkt – odpowiedź poprawna.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna albo brak odpowiedzi.

Rozwiązanie
B

Zadanie 6.2. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości. II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów […], wykresów, […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska […]. VI.8) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych; rozróżnia przemiany: […] izobaryczną, izochoryczną […]; VI.11) analizuje wykresy przemian gazu doskonałego; VI.14) analizuje przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w silnikach […] cieplnych.

Zasady oceniania
1 pkt – poprawne zaznaczenia w dwóch stwierdzeniach.
0 pkt – odpowiedź niepoprawna lub niepełna albo brak odpowiedzi.

Rozwiązanie
PP

Zadanie 6.3. (0–1)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów […], wykresów, […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska […]. VI.11) analizuje wykresy przemian gazu doskonałego; VI.12) stosuje równanie gazu doskonałego (równanie Clapeyrona) do wyznaczenia parametrów gazu; VI.13) posługuje się pojęciem ciepła molowego gazu […].

Zasady oceniania

1 pkt – poprawne dokończenie zdania: wpisanie prawidłowej wartości ilorazu ciepła Q_{12} i ciepła $|Q_{34}|$: $\frac{2}{3}$

0 pkt – rozwiązanie niepoprawne albo brak rozwiązania.

Rozwiązanie

Iloraz $\frac{|Q_{12}|}{|Q_{34}|}$ (ciepła wymienionego przez gaz z otoczeniem w przemianie S_1–S_2 i ciepła wymienionego przez gaz z otoczeniem w przemianie S_3–S_4) jest równy $\frac{2}{3}$.

Zadanie 6.4. (0–3)

Wymagania ogólne	Wymagania szczegółowe
II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.	Zdający: I.7) wyodrębnia z tekstów […], wykresów, […] informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska […]. VI.8) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych; rozróżnia przemiany: […] izobaryczną, izochoryczną […]; VI.11) analizuje wykresy przemian gazu doskonałego; VI.14) analizuje przepływ energii w postaci ciepła i pracy mechanicznej w silnikach […] cieplnych; VI.15) analizuje przedstawione cykle termodynamiczne, oblicza sprawność silników cieplnych.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia sprawności silnika cieplnego **oraz** podanie prawidłowego wyniku liczbowego: $\eta = \frac{4}{27}$ lub $\eta = 0{,}148$ lub $\eta = 14{,}8\ \%$

2 pkt – poprawna metoda obliczenia pracy całkowitej w cyklu i prawidłowy wynik: $|W_{cal}| = 2p_1V_1$ **oraz** zapisanie związku między łącznym ciepłem pobranym a łącznym ciepłem oddanym i pracą całkowitą, **oraz** zapisanie dowolnego wzoru na sprawność, np. zapisy równoważne poniższym:

$$|Q_{pob}| = |W_{cal}| + |Q_{odd}| \quad \text{oraz} \quad |W_{cal}| = 2p_1V_1 \quad \text{oraz} \quad \eta = \frac{|W_{cal}|}{|Q_{pob}|}$$

1 pkt – zapisanie wzoru na sprawność cyklu (w dowolnej postaci) **oraz** zapisanie związku między łącznym ciepłem pobranym a łącznym ciepłem oddanym i pracą całkowitą, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\left(\eta = \frac{|W_{cal}|}{|Q_{pob}|} \quad \text{lub} \quad \eta = \frac{|Q_{pob}| - |Q_{odd}|}{|Q_{pob}|}\right) \quad \text{oraz} \quad |Q_{pob}| = |W_{cal}| + |Q_{odd}|$$

LUB

– zapisanie wzoru na sprawność cyklu (w dowolnej postaci) **oraz** poprawna metoda obliczenia pracy całkowitej w cyklu i prawidłowy wynik, np. zapisy równoważne poniższym:

$$\left(\eta = \frac{|W_{cal}|}{|Q_{pob}|} \quad \text{lub} \quad \eta = \frac{|Q_{pob}| - |Q_{odd}|}{|Q_{pob}|}\right) \quad \text{oraz} \quad |W_{cal}| = 2p_1V_1$$

0 pkt – rozwiązanie, w którym zastosowano niepoprawną metodę, albo brak rozwiązania.

Przykładowe rozwiązania

Sposób 1.

Sprawność silnika obliczymy ze wzoru:

$$1) \quad \eta = \frac{|W_{cal}|}{|Q_{pob}|}$$

Wyznaczymy za pomocą p_1 oraz V_1 pracę całkowitą (użyteczną) w cyklu.

Skorzystamy ze wzoru $|W| = p|\Delta V|$ na pracę siły parcia (i siły przeciwnej do siły parcia) w przemianie izobarycznej. Ponadto przyjmiemy konwencję, zgodnie z którą ciepło pobrane z grzejnicy oraz pracę wykonaną podczas sprężania gazu przyjmiemy za dodatnie (gaz zyskuje energię), a ciepło oddane do chłodnicy i pracę gazu przy rozprężaniu – za ujemne (gaz traci energię). Zatem:

$$2a) \quad |W_{cal}| = |W_{roz23}| - |W_{spr41}| \quad \rightarrow \quad |W_{cal}| = 3p_1|\Delta V_{23}| - p_1|\Delta V_{41}|$$

$$2b) \quad |W_{cal}| = 3p_1(3\mathrm{V}_1 - 2\mathrm{V}_1) - p_1(3\mathrm{V}_1 - 2\mathrm{V}_1) \quad \rightarrow$$

$$2c) \quad |W_{cal}| = 2p_1V_1$$

Uwaga! Powyższy wynik można było wyznaczyć z twierdzenia o pracy jako polu pod wykresem $p(V)$ – zależności ciśnienia od objętości.

Wyznaczymy za pomocą p_1 oraz V_1 łączne ciepło pobrane w cyklu.

Całkowita zmiana energii wewnętrznej gazu w cyklu wynosi zero ($\Delta U = 0$), zatem na mocy I zasady termodynamiki dla cyklu (i zastosowanej konwencji znaków) mamy:

$$3a)\quad 0 = \left|Q_{pob}\right| - |Q_{odd}| - |W_{cal}| \quad \rightarrow$$

$$3b)\quad \left|Q_{pob}\right| = |W_{cal}| + |Q_{odd}|$$

Do wzoru 3b) podstawimy wynik z 2c) oraz podane w zadaniu wyrażenie na ciepło oddane:

$$3c)\quad \left|Q_{pob}\right| = 2p_1V_1 + 11{,}5p_1V_1 = 13{,}5p_1V_1$$

Wyniki z 2c) oraz 3c) podstawimy do wzoru 1):

$$4)\quad \eta = \frac{2p_1V_1}{13{,}5p_1V_1} = \frac{4}{27} \approx 14{,}8\ \%$$

Sposób 2.

Sprawność silnika obliczymy ze wzoru:

$$1)\quad \eta = \frac{\left|Q_{pob}\right| - |Q_{odd}|}{|Q_{pob}|}$$

Wyznaczymy łączne ciepło pobrane w cyklu. Z I zasady termodynamiki dla cyklu wynika, że:

$$2)\quad \left|Q_{pob}\right| = |W_{cal}| + |Q_{odd}|$$

Wyznaczymy za pomocą p_1 oraz V_1 pracę całkowitą w cyklu. Z twierdzenia o pracy i polu pod wykresem wynika (dla cyklu będzie to pole ograniczone zamkniętą krzywą cyklu), że:

$$3)\quad |W_{cal}| = 2p_1V_1$$

Do wzoru 2) podstawimy wynik z 3) oraz podane w zadaniu wyrażenie na ciepło oddane:

$$4)\quad \left|Q_{pob}\right| = 2p_1V_1 + 11{,}5p_1V_1 = 13{,}5p_1V_1$$

Do wzoru 1) podstawimy wynik z 4) oraz podane w zadaniu wyrażenie na ciepło oddane:

$$5)\quad \eta = \frac{13{,}5p_1V_1 - 11{,}5p_1V_1}{13{,}5p_1V_1} \approx 14{,}8\ \%$$