ROZDZIAŁ 6

Termodynamika

Fizyka. Zbiór zadań maturalnych temat po temacie. Poziom rozszerzony 2027

W tym rozdziale

Zakres	VI. Termodynamika (podstawa programowa, zakres rozszerzony)
R. Repetytorium	Temperatura, rozszerzalność cieplna; Energia wewnętrzna, ciepło, praca, I zasada; Ciepło właściwe, przemiany fazowe, bilans cieplny; Własności wody; Gaz doskonały – model i równanie stanu; Ciepła molowe; wykresy przemian; Silniki i pompy cieplne, II zasada; ramki „Na maturze" i „Typowe błędy"
A. Zadania wprowadzające	zadania 1–5 · 17 punktów
B. Zadania maturalne	zadania 6–14 · 47 punktów
C. Zadania trudniejsze	zadania 15–18 · 29 punktów
Razem	18 zadań (53 polecenia, w tym 23 rachunkowych), 93 punkty
Rozwiązania	osobny plik: klucz do zadań zamkniętych, rozwiązania etapowe zadań rachunkowych, przykładowe odpowiedzi i zasady oceniania w układzie CKE (z wymaganiami podstawy programowej przy każdym poleceniu)

Jak pracować z rozdziałem

A	Zadania sprawdzające podstawowe pojęcia, prawa i zależności działu.
B	Zadania w formule egzaminu maturalnego (Formuła 2023): wiązki poleceń do wspólnego opisu sytuacji, rysunku, wykresu albo doświadczenia.
C	Zadania wymagające łączenia wiadomości z kilku działów, wieloetapowych obliczeń, wyprowadzeń i analizy danych pomiarowych.
Obliczenia	Zapisz zastosowane prawa i zależności, obliczenia pośrednie i wynik z jednostką. Stałe fizyczne bierz z broszury CKE albo z treści zadania („Przyjmij, że…").
Pomoce	Jak na maturze: *Wybrane wzory i stałe fizykochemiczne na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki*, linijka, kalkulator naukowy. Symbole przy numerze zadania: – potrzebny kalkulator, – potrzebna linijka.

Opracowanie własne „Pierwsza Ławka". Zakres zgodny z podstawą programową kształcenia ogólnego – fizyka, zakres rozszerzony (Dz.U. 2024 poz. 1019), bez wymagań, z których nie przeprowadza się egzaminu maturalnego, oraz z Informatorem o egzaminie maturalnym z fizyki od roku szkolnego 2024/2025. Zbiór nie jest materiałem Centralnej Komisji Egzaminacyjnej. Typy zadań i zasady oceniania wzorowane na egzaminie maturalnym CKE.

R Repetytorium

Temperatura, rozszerzalność cieplna

Temperatura bezwzględna: T [K] = t [°C] + 273,15; przyrost temperatury w K i °C jest taki sam. We wzorach gazowych zawsze kelwiny.

Rozszerzalność liniowa ciał stałych: $\Delta l = \alpha l_0 \Delta T$, $l = l_0(1 + \alpha\Delta T)$; **objętościowa** cieczy: $\Delta V = \beta V_0 \Delta T$ (dla ciał stałych izotropowych $\beta \approx 3\alpha$). Gaz przy stałym ciśnieniu: objętość jest proporcjonalna do temperatury bezwzględnej.

Przykłady: szczeliny w mostach i torach, zwisające latem przewody, bimetal (paski o różnych α wyginają się – metal o większym α po stronie wypukłej łuku), termometr cieczowy (wysokość słupka $\Delta h = \Delta V/S$).

Energia wewnętrzna, ciepło, praca, I zasada

Energia wewnętrzna U – suma energii kinetycznych ruchu cząsteczek i energii ich wzajemnych oddziaływań. Zmienia się na dwa sposoby: przez **pracę** (działanie siły na przesuwającą się część układu, np. tłok) i przez **ciepło** (przepływ energii wywołany różnicą temperatur).

I zasada termodynamiki: $\Delta U = Q + W$, gdzie Q – ciepło pobrane przez układ, W – praca wykonana *nad* układem. Równoważnie: $Q = \Delta U + W_{gazu}$ (W_{gazu} – praca wykonana przez gaz). Energię pobraną liczymy ze znakiem +, oddaną ze znakiem − – konsekwentnie w całym rozwiązaniu.

Praca gazu = pole pod wykresem $p(V)$; przy stałym ciśnieniu $W_{gazu} = p\Delta V$, w przemianie izochorycznej $W = 0$. W cyklu $\Delta U = 0$, więc $W_{cyklu} = Q_{pob} - |Q_{odd}|$ = pole wewnątrz cyklu.

Ciepło właściwe, przemiany fazowe, bilans cieplny

Ogrzanie ciała: $Q = mc\Delta T$; przemiana fazowa (topnienie, krzepnięcie, parowanie, skraplanie): $Q = mL$. Podczas przemiany fazowej pod stałym ciśnieniem temperatura się nie zmienia, a energia wewnętrzna zmienia się skokowo – zmienia się energia oddziaływań cząsteczek, a nie średnia energia ich ruchu. Obie fazy współistnieją w temperaturze przemiany (np. lód i woda w 0 °C pod ciśnieniem normalnym) i jeśli nie ma przepływu ciepła, ich ilości się nie zmieniają.

Bilans cieplny (układ izolowany): ciepło oddane = ciepło pobrane. Przy lodzie i wodzie najpierw sprawdź, czy wystarczy energii na stopienie całego lodu – jeśli nie, temperatura końcowa to 0 °C.

Przebieg wykresu $T(t)$ przy stałej mocy grzania	Co się dzieje
odcinek nachylony	ogrzewanie jednej fazy, $Q = mc\Delta T$; nachylenie odwrotnie proporcjonalne do mc
odcinek poziomy	przemiana fazowa, $Q = mL$; długość proporcjonalna do mL

Własności wody

Woda ma bardzo duże ciepło właściwe (ok. 4,2 kJ/(kg·K)) i duże ciepło parowania – łagodzi klimat, stabilizuje temperaturę organizmów, chłodzi przez parowanie potu. Gęstość wody jest największa w temperaturze ok. 4 °C, a przy zamarzaniu woda zwiększa objętość – lód pływa po wodzie, zbiorniki zamarzają od góry, zamarzająca woda kruszy skały i rozsadza rury.

Gaz doskonały – model i równanie stanu

Założenia: cząsteczki punktowe, w chaotycznym ruchu, oddziałują tylko podczas sprężystych zderzeń; między zderzeniami poruszają się jednostajnie prostoliniowo.

Średnia energia kinetyczna ruchu postępowego cząsteczki: $E_{śr} = \frac{3}{2}k_BT$ – zależy tylko od temperatury.

Gaz jednoatomowy: $U = \frac{3}{2}nRT$ (energia wewnętrzna gazu doskonałego zależy tylko od temperatury).

Równanie Clapeyrona: $pV = nRT = Nk_BT$, $n = \frac{m}{M}$, $R = k_BN_A \approx 8{,}314$ J/(mol·K).

Przemiana	Stałe	Prawo	W_{gazu}	Q
izotermiczna	T	pV = const (hiperbola)	pole pod hiperbolą	$Q = W_{gazu}$, $\Delta U = 0$
izobaryczna	p	V/T = const	$p\Delta V$	$nC_p\Delta T$
izochoryczna	V	p/T = const	0	$nC_V\Delta T = \Delta U$
adiabatyczna	–	brak wymiany ciepła	$-\Delta U$	0

Ciepła molowe; wykresy przemian

Ciepło molowe $C = \frac{Q}{n\Delta T}$. Dla gazu doskonałego $C_p = C_V + R$. Gaz jednoatomowy: $C_V = \frac{3}{2}R$, $C_p = \frac{5}{2}R$.

Na wykresach: $p(V)$ – izoterma to hiperbola (im wyższa temperatura, tym dalej od osi), adiabata jest bardziej stroma od izotermy; $V(T)$ i $p(T)$ – izobara i izochora to proste przechodzące (po przedłużeniu) przez początek układu. Temperatura w danym stanie $T = \frac{pV}{nR}$ – porównuj iloczyny pV.

Silniki i pompy cieplne, II zasada

Silnik cieplny pobiera ciepło Q_{pob} ze źródła gorącego, wykonuje pracę W i oddaje Q_{odd} do chłodnicy: $W = Q_{pob} - |Q_{odd}|$, sprawność $\eta = \frac{W}{Q_{pob}}$ (w Q_{pob} tylko ciepło pobrane, nie bilans!). Silnik idealny (odwracalny) między T_h i T_c: $\eta_{max} = 1 - \frac{T_c}{T_h}$ (wzór nie należy do wymagań – w zadaniach jest podawany w treści).

Pompa ciepła i chłodziarka przenoszą ciepło od ciała chłodniejszego do cieplejszego kosztem pracy: $Q_h = Q_c + W$; współczynnik wydajności pompy $\mathrm{COP} = \frac{Q_h}{W}$.

II zasada termodynamiki: ciepło nie przepływa samorzutnie od ciała chłodniejszego do cieplejszego; nie istnieje silnik zamieniający całe pobrane ciepło na pracę. Procesy nieodwracalne: wyrównywanie temperatur, tarcie, mieszanie, rozprężanie do próżni. Odwracalne (wyidealizowane): bardzo powolne przemiany bez tarcia i bez skończonych różnic temperatur.

Na maturze

W zadaniach z termodynamiki CKE najczęściej: każe ocenić prawdziwość stwierdzeń o znaku Q, W i ΔU w przemianach z wykresu; prosi o **przeniesienie cyklu** z jednego układu współrzędnych do innego (izoterma musi być hiperbolą przechodzącą przez właściwe punkty); każe **obliczyć ciepło pobrane w cyklu i sprawność** – klucz wymaga wskazania, w których przemianach gaz pobiera ciepło, a zasady oceniania dzielą punkty na etapy (praca jako pole, ΔU z temperatur lub z pV, ciepło z właściwego C).

Formuły: „Oblicz… Zapisz obliczenia.”, „Wyznacz … w zależności tylko od …”, „Wykaż, że …”. W I zasadzie zapisz przyjętą konwencję znaków. Wynik podaj z jednostką i z dokładnością

zgodną z danymi (zwykle 2–3 cyfry znaczące). W zadaniach doświadczalnych (bilans cieplny, wykres $T(t)$) wymagany jest wykres z punktami i niepewnościami oraz wyjaśnienie, skąd biorą się rozbieżności wyniku.

Typowe błędy

Tak traci się punkty	Tak jest dobrze	Dlaczego
Ciepło w przemianie izobarycznej liczone jako $Q = nC_V\Delta T$ (z $\frac{3}{2}R$).	$Q = nC_p\Delta T = \frac{5}{2}nR\Delta T$ dla gazu jednoatomowego, czyli $\frac{5}{2}p\Delta V$.	Przy stałym ciśnieniu gaz dodatkowo wykonuje pracę; C_V stosuje się tylko, gdy $W = 0$.
W I zasadzie raz praca gazu ze znakiem +, raz −; ciepło oddane wpisane jako dodatnie.	Zapisz konwencję ($\Delta U = Q + W$, energia pobrana +, oddana −) i trzymaj się jej w każdej przemianie.	Niekonsekwentne znaki to najczęstsza przyczyna utraty punktów za obliczenie ciepła.
Izoterma na wykresie $p(V)$ narysowana jako odcinek prostej albo łamana.	Izoterma to fragment hiperboli pV = const, wypukły w stronę początku układu, przechodzący przez właściwe punkty.	Przy dwukrotnym wzroście objętości ciśnienie maleje dwukrotnie – kontroluj kilka punktów pośrednich.
Z wykresu, na którym ciśnienie jest wprost proporcjonalne do objętości, wniosek „temperatura rośnie proporcjonalnie do objętości”.	Z $pV = nRT$ i ciśnienia proporcjonalnego do V wynika, że temperatura jest proporcjonalna do V^2.	Proporcjonalność objętości do temperatury zachodzi tylko w przemianie izobarycznej.
Ciepło w przemianie z wykresu (nie izochorycznej) liczone wzorem $Q = nC_V\Delta T$; praca jako pole prostokąta zamiast trapezu, pominięte mnożniki z osi (10^3, 10^{-3}).	$Q = \Delta U + W_{gazu}$, $\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}\Delta(pV)$, W_{gazu} = pole figury pod wykresem z uwzględnieniem jednostek na osiach.	$Q = nC_V\Delta T$ obowiązuje tylko wtedy, gdy gaz nie wykonuje pracy.

A Zadania wprowadzające

Zadanie 1. (0–4)

Przewody napowietrznej linii energetycznej wykonuje się z aluminium. Między dwoma słupami rozpięto przewód o długości 250 m (mierzonej w temperaturze −20 °C). Współczynnik rozszerzalności liniowej aluminium wynosi $\alpha = 2{,}3 \cdot 10^{-5}$ 1/K.

Zadanie 1.1. (0–2)

Oblicz, o ile wydłuży się przewód, gdy jego temperatura wzrośnie od −20 °C do 35 °C. Wynik podaj w centymetrach. Zapisz obliczenia.

Obliczenia

Zadanie 1.2. (0–1)

Dokończ zdanie. Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

W cienkiej stalowej płytce wywiercono okrągły otwór. Płytkę równomiernie ogrzano. Średnica otworu

A. zwiększyła się, tak jakby otwór był kółkiem wykonanym z tej samej stali.

B. zwiększyła się dwa razy bardziej niż wymiary całej płytki.

C. zmniejszyła się, ponieważ materiał płytki rozszerza się do wnętrza otworu.

D. nie zmieniła się, ponieważ w otworze nie ma materiału, który mógłby się rozszerzyć.

Zadanie 1.3. (0–1)

Na lekcji demonstrowano rozszerzalność cieplną. Jeden koniec metalowego pręta zamocowano na stałe, a drugi koniec opierał się o krótkie ramię dźwigni ze wskazówką. Pręt ogrzewano płomieniem palnika, obserwując odchylanie się wskazówki. Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń. Wybierz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

1.	Wskazówka odchylała się tym bardziej, im większy był przyrost temperatury pręta.	**P**	**F**
2.	Po ostygnięciu pręta do temperatury początkowej wskazówka pozostała w położeniu, które osiągnęła po ogrzaniu.	**P**	**F**

Zadanie 2. (0–4)

W dwóch jednakowych, zamkniętych naczyniach znajdują się gazy szlachetne: w pierwszym hel, w drugim argon. Oba gazy mają tę samą temperaturę i traktujemy je jak gazy doskonałe. Masa molowa helu wynosi 4,0 g/mol, a argonu – 39,9 g/mol.

Zadanie 2.1. (0–1)

Które z poniższych zdań opisuje jedno z założeń modelu gazu doskonałego? Wybierz właściwą odpowiedź spośród podanych.

A. Cząsteczki przyciągają się również wtedy, gdy nie zderzają się ze sobą.

B. Wszystkie cząsteczki gazu w danej temperaturze mają prędkości o tej samej wartości.

C. Zderzenia cząsteczek ze sobą i ze ściankami naczynia są doskonale sprężyste.

D. Objętość własna cząsteczek stanowi znaczną część objętości naczynia.

Zadanie 2.2. (0–1)

Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń dotyczących gazów w obu naczyniach. Wybierz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

1.	Średnia energia kinetyczna ruchu postępowego atomów helu jest równa średniej energii kinetycznej ruchu postępowego atomów argonu.	**P**	**F**
2.	Średnia wartość prędkości atomów argonu jest większa niż średnia wartość prędkości atomów helu.	**P**	**F**

Zadanie 2.3. (0–2)

W naczyniu z helem jest 2,0 g gazu w temperaturze 27 °C. Oblicz średnią energię kinetyczną ruchu postępowego atomu helu oraz energię wewnętrzną helu w naczyniu. Przyjmij, że energia wewnętrzna gazu jednoatomowego jest sumą energii kinetycznych ruchu postępowego jego atomów. Zapisz obliczenia.

Obliczenia

Zadanie 3. (0–3)

Energię wewnętrzną ciała można zmienić na dwa sposoby: przez wykonanie pracy albo przez przepływ ciepła. Poniższe polecenia dotyczą codziennych sytuacji i prostych przemian gazu.

Zadanie 3.1. (0–1)

Wylot pompki rowerowej zatkano palcem i szybko wciśnięto tłok. Uzupełnij zdanie – wybierz właściwe określenia spośród podanych w nawiasach. Wybierz właściwe określenia spośród podanych w nawiasach.

Energia wewnętrzna powietrza w pompce (rośnie / maleje / nie zmienia się), a energia jest przekazywana do powietrza głównie w postaci (pracy / ciepła).

B Zadania maturalne

Zadanie 6. (0–6)

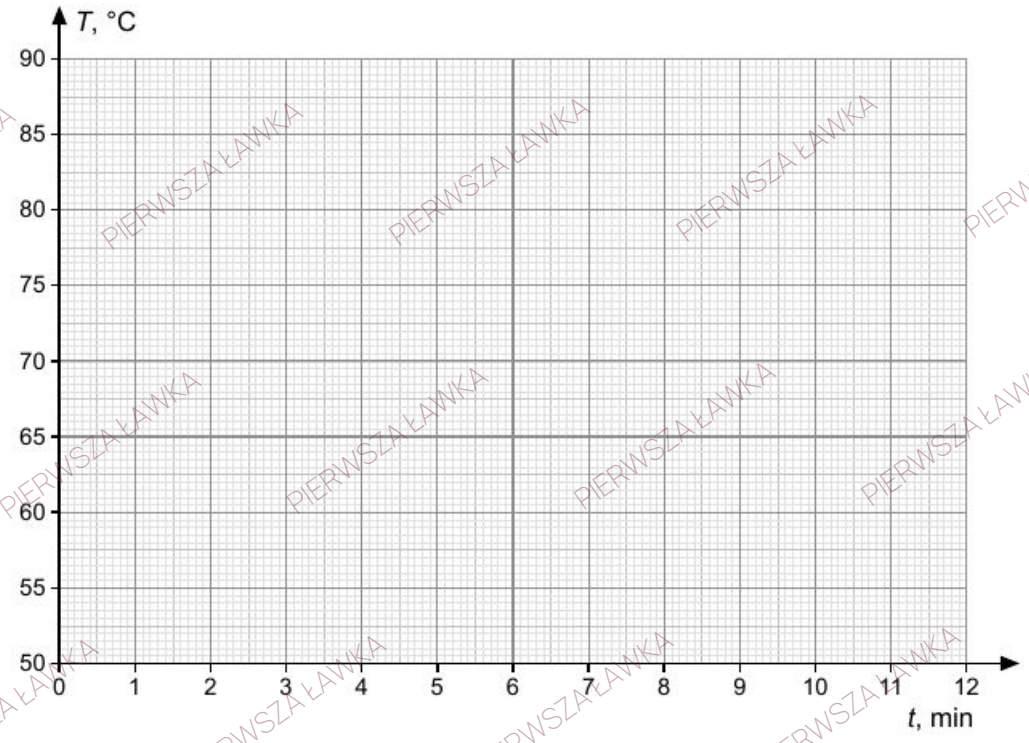
Uczniowie badali stygnięcie stearyny (kwasu stearynowego). Probówkę ze stopioną stearyną i zanurzonym w niej termometrem elektronicznym wyjęli z gorącej łaźni wodnej i wstawili do zlewki z wodą o temperaturze pokojowej. Co minutę odczytywali temperaturę stearyny. Niepewność pomiaru temperatury oszacowali na ±0,5 °C. Wyniki zapisali w tabeli.

Czas *t*, min	0	1	2	3	4	5	6
Temperatura *T*, °C	84,5	77,0	71,5	69,2	69,0	69,0	68,9

Czas *t*, min	7	8	9	10	11	12
Temperatura *T*, °C	68,9	68,8	68,7	65,0	61,5	58,5

Zadanie 6.1. (0–2)

Na siatce narysuj wykres zależności temperatury stearyny *T* od czasu *t*. Zaznacz punkty pomiarowe wraz z niepewnościami pomiaru temperatury i połącz kolejne punkty linią.



Zadanie 6.2. (0–2)

Wyjaśnij, dlaczego między 3. a 9. minutą pomiaru temperatura stearyny prawie się nie zmieniała, chociaż przez cały czas stearyna oddawała ciepło wodzie. W odpowiedzi odwołaj się do energii wewnętrznej stearyny.

.....

.....

.....

Zadanie 12.1. (0–1)

Biegacz podczas treningu w upale musi oddać przez parowanie potu 1,5 MJ energii. Oblicz masę potu, który musi odparować. Wynik podaj z dokładnością do dwóch cyfr znaczących. Zapisz obliczenia.

Obliczenia

Zadanie 12.2. (0–2)

Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń dotyczących własności wody. Wybierz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

1.	Podczas zamarzania woda zmniejsza swoją objętość.	**P**	**F**
2.	Duże ciepło właściwe wody sprawia, że w klimacie nadmorskim dobowe i roczne wahania temperatury są mniejsze niż w głębi lądu.	**P**	**F**
3.	Lód pływa po wodzie, ponieważ ma mniejszą gęstość niż woda w stanie ciekłym.	**P**	**F**

Zadanie 12.3. (0–2)

Zimą powierzchnia głębokiego stawu zamarzła, a woda przy dnie ma temperaturę około 4 °C. Wyjaśnij, dlaczego woda przy dnie nie ochładza się poniżej tej temperatury, i podaj jedną konsekwencję tego zjawiska dla organizmów żyjących w stawie.

.....

.....

.....

Zadanie 13. (0–5)

Do szklanki z 300 g napoju o temperaturze 25 °C wrzucono 150 g kostek lodu wyjętych z zamrażarki, o temperaturze −18 °C. Szklankę przykryto i odczekano, aż temperatura się ustali.

Przyjmij, że: • ciepło właściwe napoju jest równe ciepłu właściwemu wody c_w = 4190 J/(kg·K); • ciepło właściwe lodu c_l = 2100 J/(kg·K); • ciepło topnienia lodu L = 334 kJ/kg; • wymiana ciepła ze szklanką i otoczeniem jest pomijalna.

CO JESZCZE JEST W ŚRODKU

Matura 2027 z fizyki (poziom rozszerzony) – zbiór zadań, rozdział 6: Termodynamika – repetytorium, zadania i zasady oceniania

Podgląd pokazał 8 z 25 stron. Pełna wersja: 25 stron A4, PDF do druku.

- Zadania (25 stron): repetytorium działu (Temperatura, rozszerzalność cieplna, Energia wewnętrzna, ciepło, praca, I zasada, Ciepło właściwe, przemiany fazowe, bilans cieplny, Własno
- Rozwiązania (22 strony): klucz do zadań zamkniętych, rozwiązania zadań rachunkowych krok po kroku, przykładowe odpowiedzi do zadań otwartych i zasady oceniania w układzie CKE – za

Kup pełną wersję – plik od razu na e-mail
pierwszalawka.pl/material/fizyka-matura-zbior-zadan-rozdzial-06-termodynamika