

فصل هجدهم: دما، گرما و قانون اول ترمودینامیک

واحد گرما Q و از جنبه اثر گرما است و واحد دما با سلسیوس یا کلوین T بیان می شود.

$$[T] = ^\circ C \quad یا \quad K$$

$$[Q] = \text{Joules}$$

$$1 \text{ Cal} = 10^3 \text{ cal} = 4,1868 \times 10^4 \text{ J}$$

$$1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$$

اگر دما به صورت تغییر دما است.

گرما یا انتقال شده

$$\Delta Q = m c \Delta T$$

تغییر دما

جرم ماده

ظرفیت گرما و ویژه گرمایی

(وابسته به جنس جسم)

$$[c] = \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} = \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

$$T_K = T_C + 273,15$$

رابطه $^\circ\text{C}$ و K

یعنی صفر درجه سلسیوس معادل $273,15 \text{ K}$ است و صفر

مطلق 0 K با $-273,15 \text{ }^\circ\text{C}$ معادل است.

گرمای تبدیل

برابر تفسیر حالت

$$\Delta Q = m L$$

گرمای نهان (بخیر یا ذوب - ماده)

$$L_f = 333 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

گرمای نهان ذوب - یخ

$$L_v = 2256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

گرمای نهان بخیر آب

قانون صفرم ترمودینامیک:

اگر جسم A با جسم B در حال تعادل گرمایی باشد و جسم B با

جسم C نیز در حال تعادل گرمایی باشد، جسم A و C در حال

تعادل گرمایی هستند.

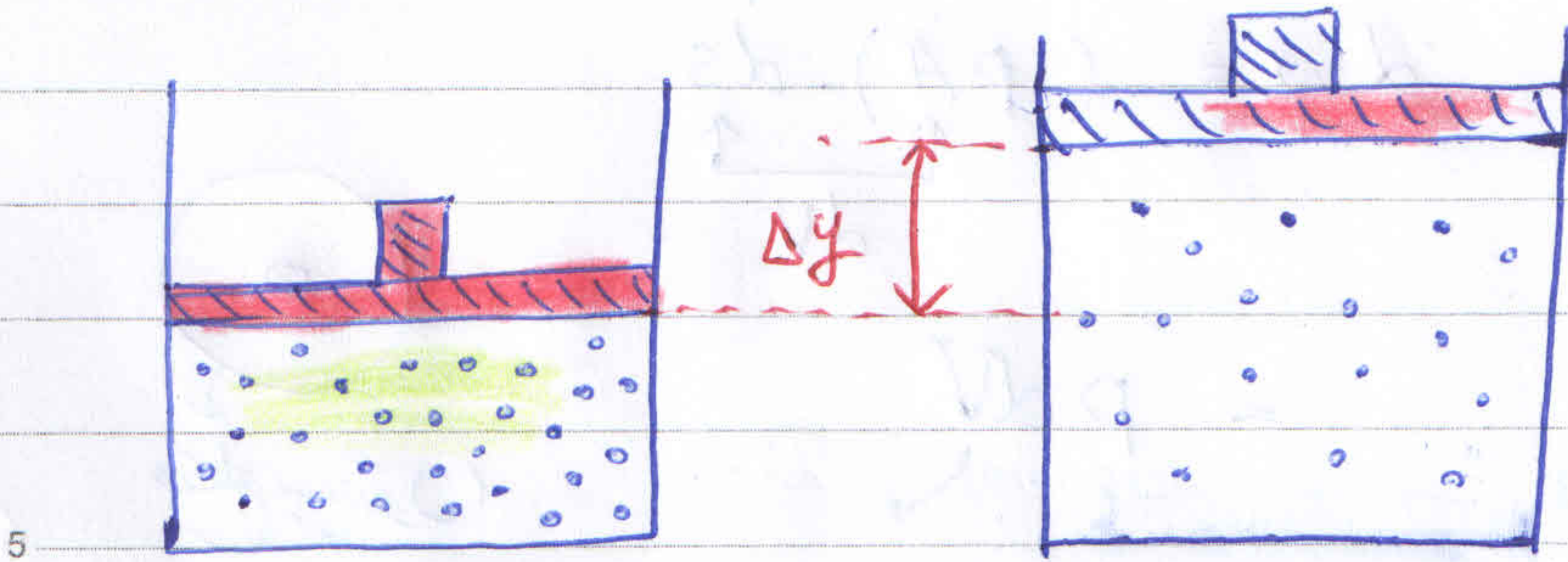
نگاه دقیقتر به گرما و کار

وقتی گرما به کار تبدیل می شود، ارتباط با آن بهتر می شود! بیشتر درک کن

در کسب سیستم های ترمودینامیکی فاکتورهای دیگری هستند و از تعداد بسیار زیاد ذره تشکیل شده اند.

□ کمیت های ترمودینامیکی: دما، فشار، حجم، گرما، آنترپی هستند.

□ حالت تعادل ترمودینامیکی زمانی رخ می دهد که کمیت های ترمودینامیکی به ثبات رسیده اند.



وصفیت اول

وصفیت دوم

گاز درون استوانه، ساکن است.

از حالت اولیه P_i و V_i و T_i به

حالت ثانویه P_f و V_f و T_f منتقل می‌شود.

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

جابه‌جایی \vec{s} و نیرو \vec{F}

اگر چند عدد ساچمه روی پیستون باشد و به آرامی آنها را برداریم، حجم

مفون گاز شروع به افزایش می‌کند. وزن ساچمه‌ها برداشته شده معادل همان

\vec{F} است و از طرفی برابر با حاصلضرب P و مساحت مقطع

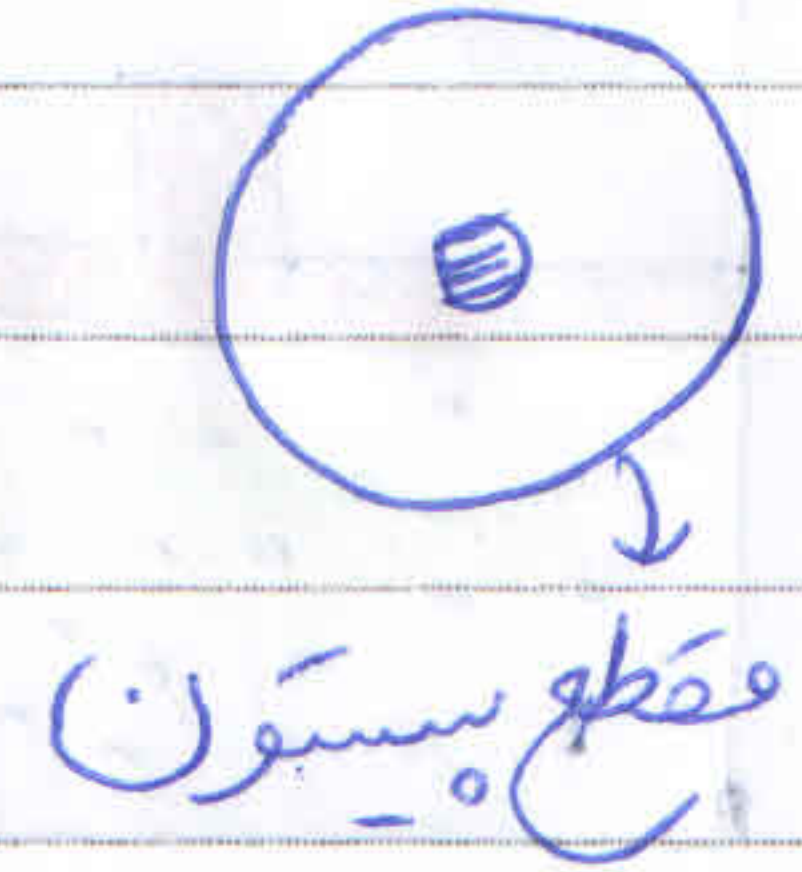
$$\vec{F} = pA$$

پیستون:

جایگاه کوچک سیستون

$$dW = (PA) \cdot ds$$

$$= P dV$$



تفسیر جزئی حجم گاز به علت جابه جایی سیستون

$$\Rightarrow W = \int_{V_i}^{V_f} P dV$$

یعنی مساحت زیر منحنی P-V کار را می دهد.

$$W = 0$$

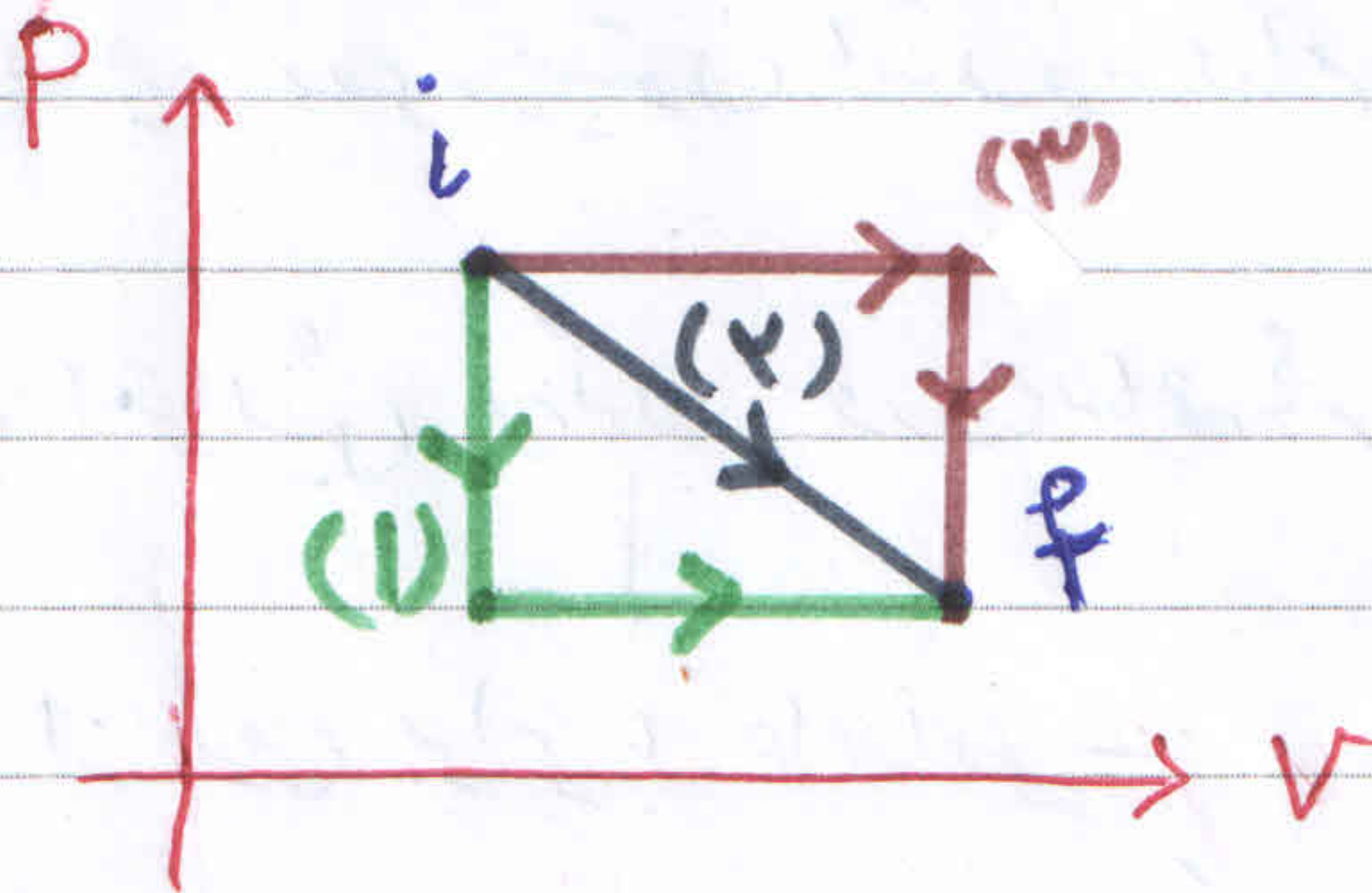
بدون تغییر

کار روی محیط $W > 0$

انبساط گاز

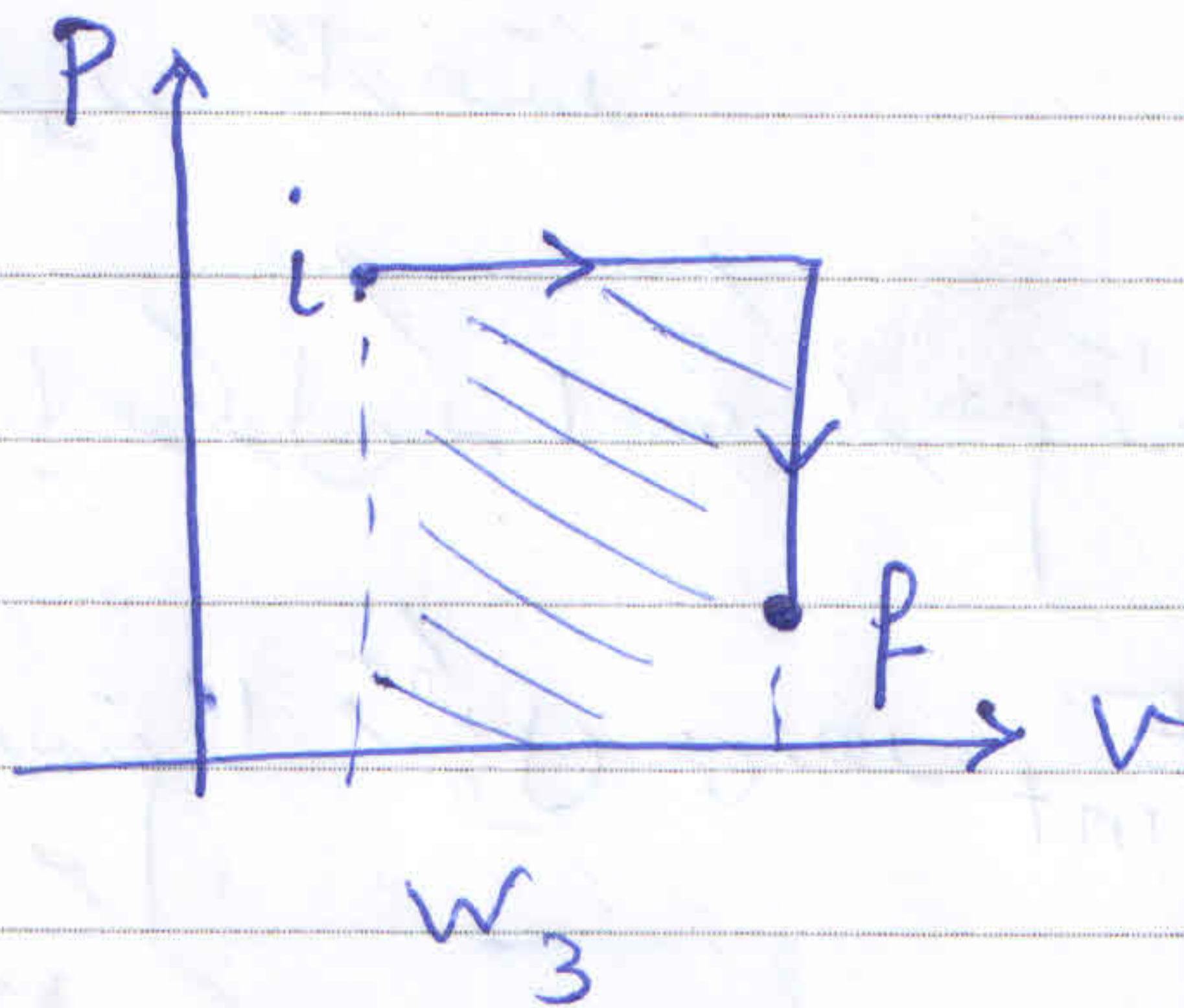
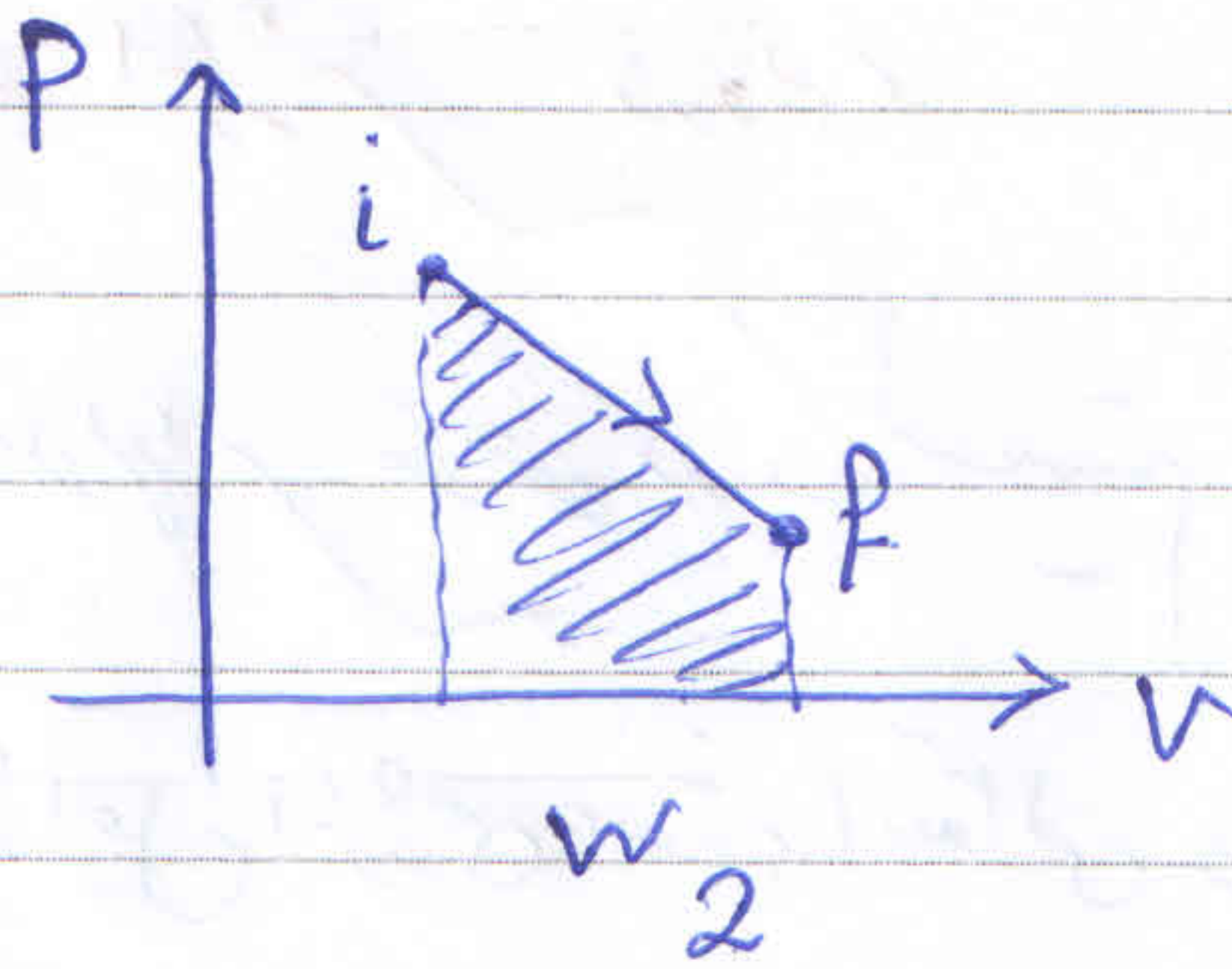
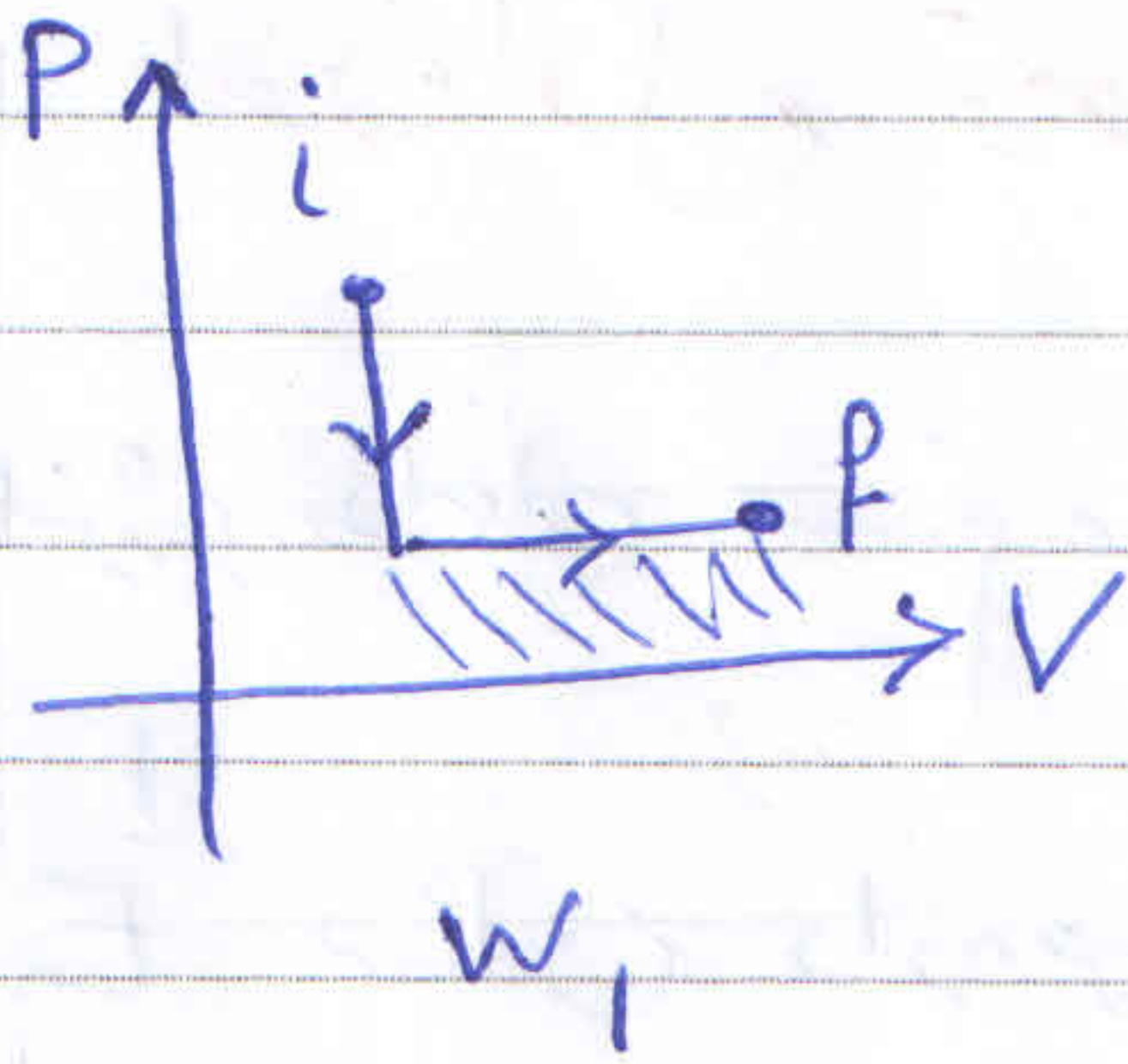
کار روی گاز $W < 0$

انقباض گاز



مقدار کار انجام شده از وضعیت i به وضعیت f در مسیر نشانه شده

را مقابله کنید.

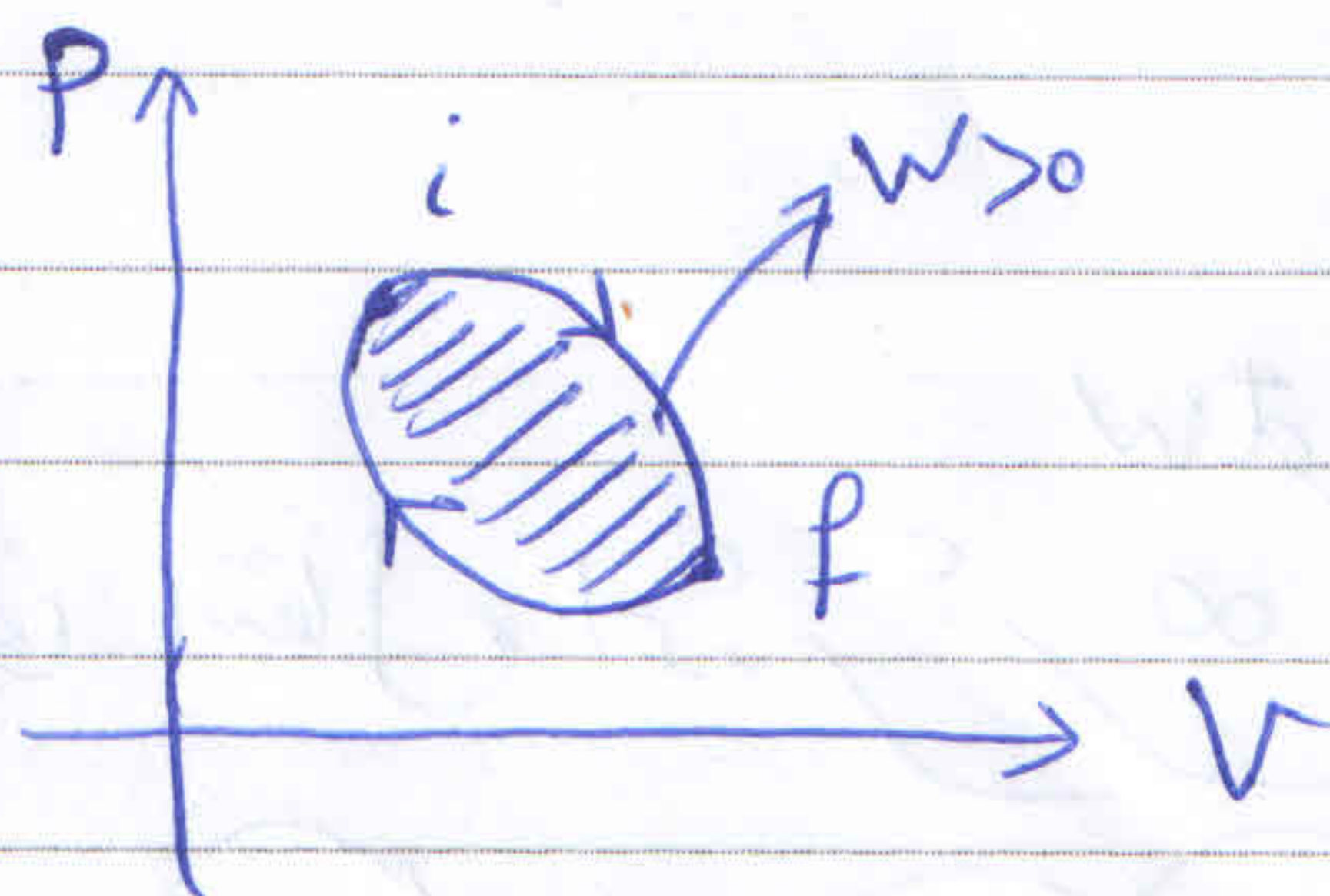


$$w_3 > w_2 > w_1$$

در هر کدام از این فرایندها Q مقدار گرایی بین گاز و محیط صادر می‌شود.

W و Q هر دو تابع مسیر هستند مسیر (۱) و (۲) و (۳)

کار انجام شده در یک چرخه Q و W برابر است با مجموع کار انجام شده در فرایندها



شده در فرایندها

انرژی درونی = انرژی شیمیایی + هسته‌ای + الکتریکی + جنبشی +

ارتعاشی + انتقالی + دورانی

Subject:

Year: Month: Day: ()

6

page: ()

قانون اول ترمودینامیک، انرژی درونی

انرژی داخلی سیستم، انرژی مولکولها موجود در یک سیستم را گویند که با

E_{int} نشان داده می‌شود، و شامل انرژی جنبشی انتقالی و ارتعاشی و

دورانی ذرات موجود در گاز هستند.

انرژی بین دو اتم یا مولکول که باعث کناره‌هم‌گرایی گرفتن آنها شده است،

انرژی داخلی یک سیستم را تشکیل می‌دهد. E_{int} یا تغییر آن dE_{int}

قانون اول ترمودینامیک

$$dE_{int} = dQ - dW$$

انرژی داخلی یک سامانه روبه افزایش است، اگر انرژی به صورت گرما

Q به آن افزوده شود (یا جذب شود) و روبه کاهش است اگر انرژی

به صورت کار انجام شده W توسط سامانه از آن گسیخته شود (یا

از آن دفع شود).

$$dQ \quad \text{یا} \quad dW$$

یعنی انتقال انرژی Q و W توسط

$$Q = E_{int} + W$$

$$W = P \Delta V, \quad Q, \quad E_{int} \quad \text{فشار ثابت}$$

$$W = 0, \quad \Delta E_{int} = Q \quad \text{حجم ثابت}$$

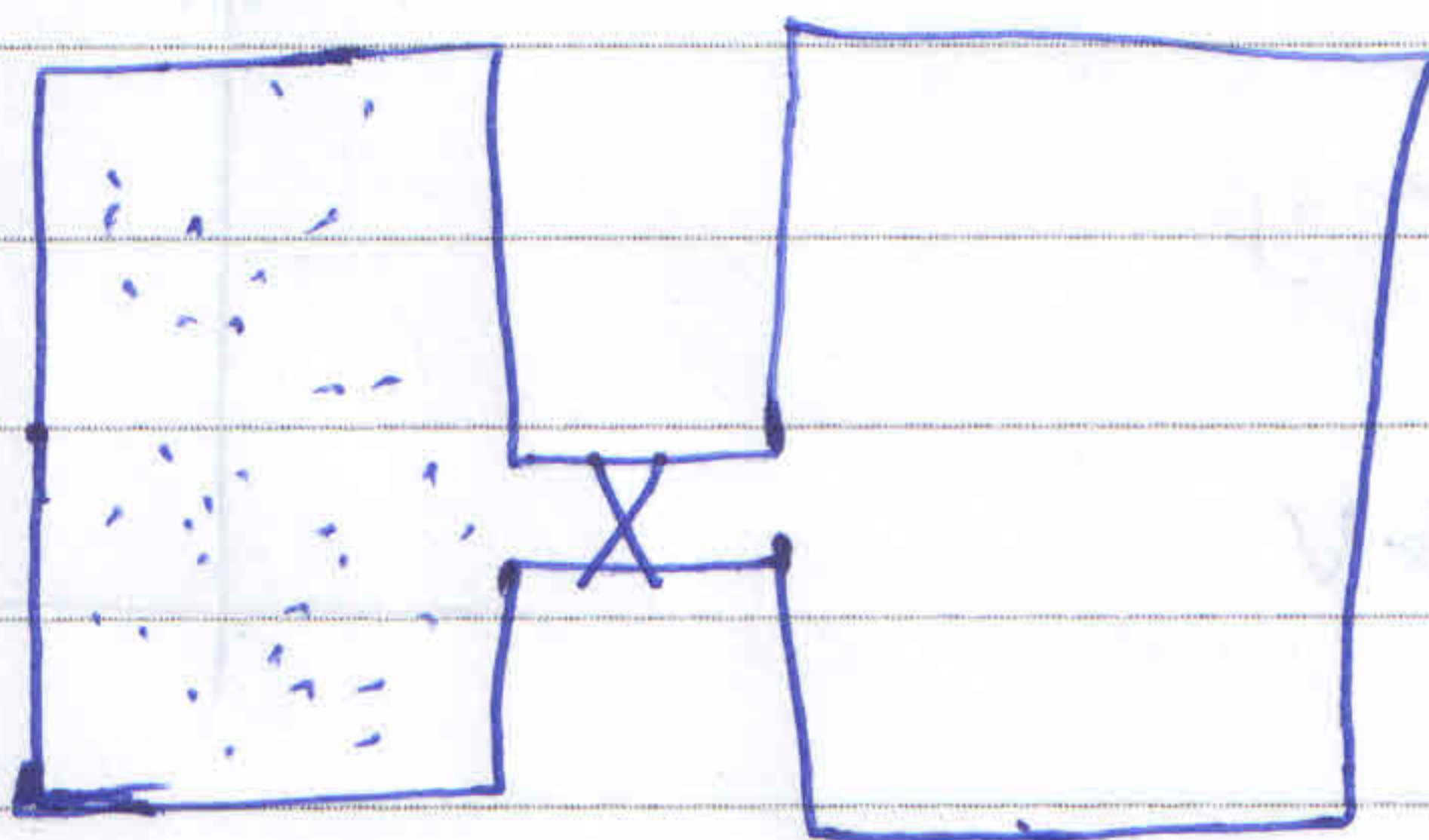
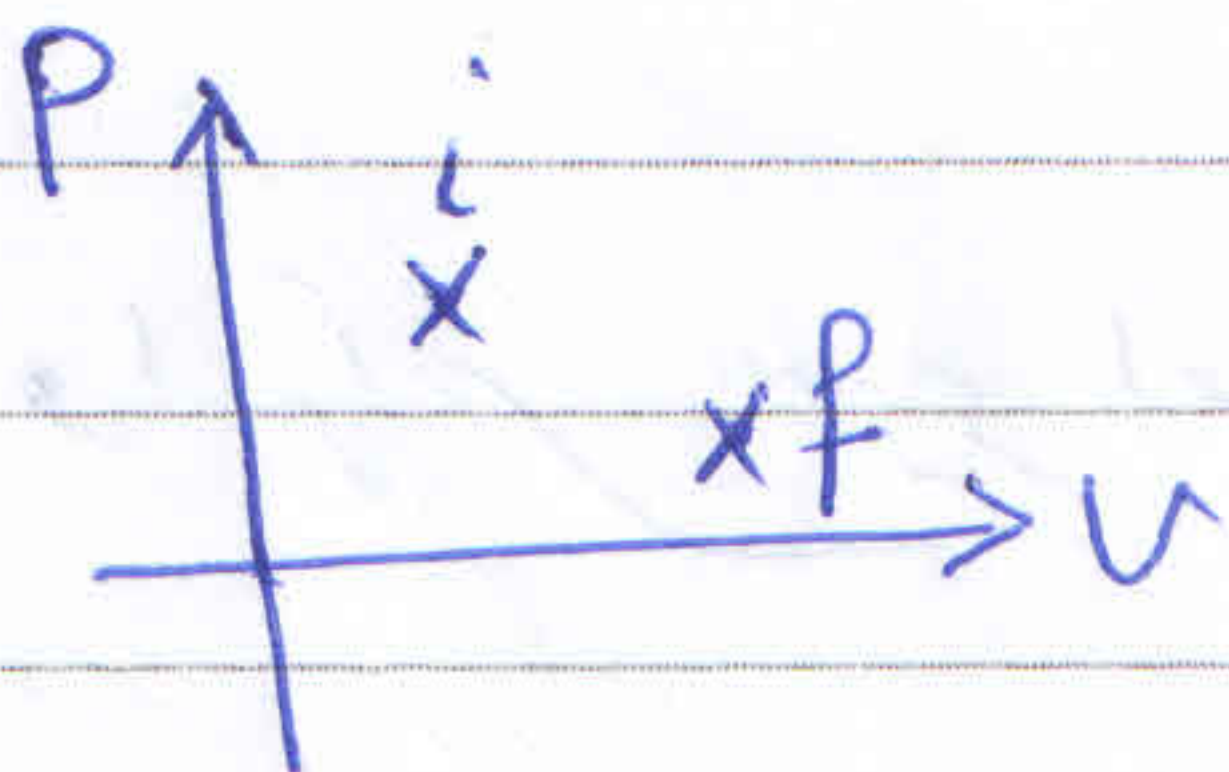
$$\Delta E_{int} = 0, \quad Q = W \quad \text{چرخشی}$$

$$Q = 0, \quad \Delta E_{int} = -W \quad \text{بی دررو}$$

$$Q \neq 0, \quad \Delta E_{int} = 0, \quad Q = W \quad \text{حرکت}$$

$$\Delta E_{int} = Q = W = 0$$

اسیاط آزاد



اسیاط آزاد، فرآیندی است که در آن گاز در حده (در $P_{ext} = 0$)

منبسط می‌شود، چون گاز در همین حالتی فشاری را به جهت نمی‌راند

کاری انجام می‌دهد و بر سر آن $\delta W = 0$. این فرآیند حالتی نیز است و

$$Q = 0$$

دما در آن ثابت است $T = \text{const}$ و $\Delta E_{int} = 0$

مثال اول - ۱۸ - ۵ هالیدی، آب یک کیلوگرم آب - تابع به دمای 100°C

رابطه جویسا شدن در فشار $1 \text{ atm} = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ به بخار 100°C تبدیل

فرکنیم. حجم آب از مقدار اولیه $1 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ به 1.671 m^3 رسیده است

الف) کار سیستم را بدست آورید.

ب) در این فرایند چند انرژی به صورت گرما مبادله می‌شود؟

$$W = \int_{V_i}^{V_f} p \, dV = p \int_{V_i}^{V_f} dV = p (V_f - V_i)$$

$$= 1.01 \times 10^5 (1.671 - 10^{-3}) = 1.69 \times 10^5 \text{ J}$$

$$= 169 \text{ kJ}$$

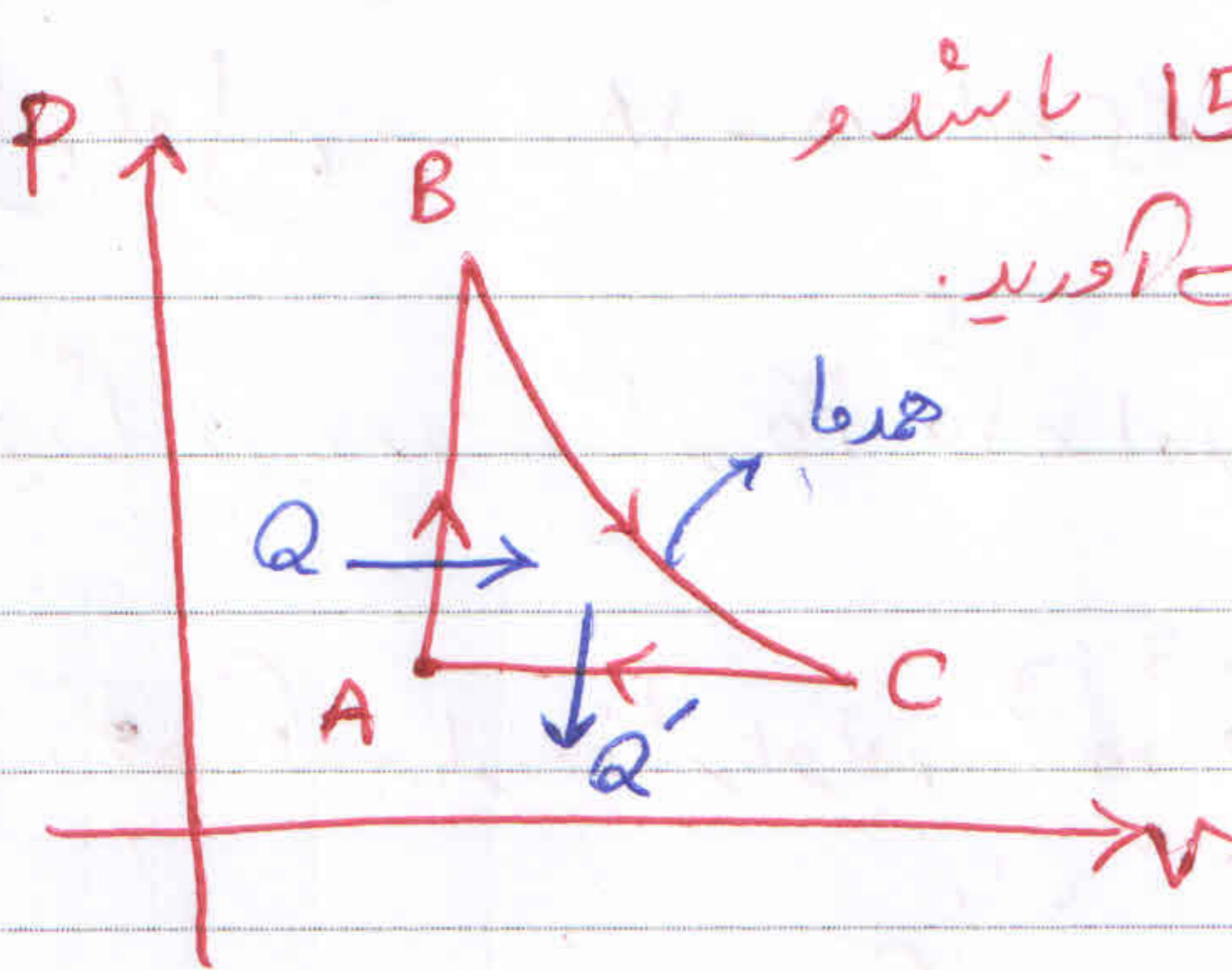
$$Q = m L_v = 1.0 \times 2256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$= 2256 \text{ kJ}$$

ج) تغییر انرژی داخلی را بدست آورید؟

$$\Delta E_{\text{int}} = Q - W = 2256 \text{ kJ} - 169 \text{ kJ}$$

$$= 2090 \text{ kJ}$$



مثال دوم - اگر کل کار عرضه 15 J باشد
 $Q_{AB} = 20 \text{ J}$ ، مقدار Q_{BCA} را بدست آورید.

$$Q_{AB} = +20 \text{ J}$$

$$Q_{BC} = 0$$

$$Q_{CA} = ?$$

$$\Delta E_{int} = 0$$

در یک چرخه

$$\text{مجموع گرما عرضه} = Q + Q' + 0$$

$$\text{مجموع کار عرضه} = +20 \text{ J}$$

$$\Rightarrow \Delta E_{int} = Q - W$$

در یک چرخه

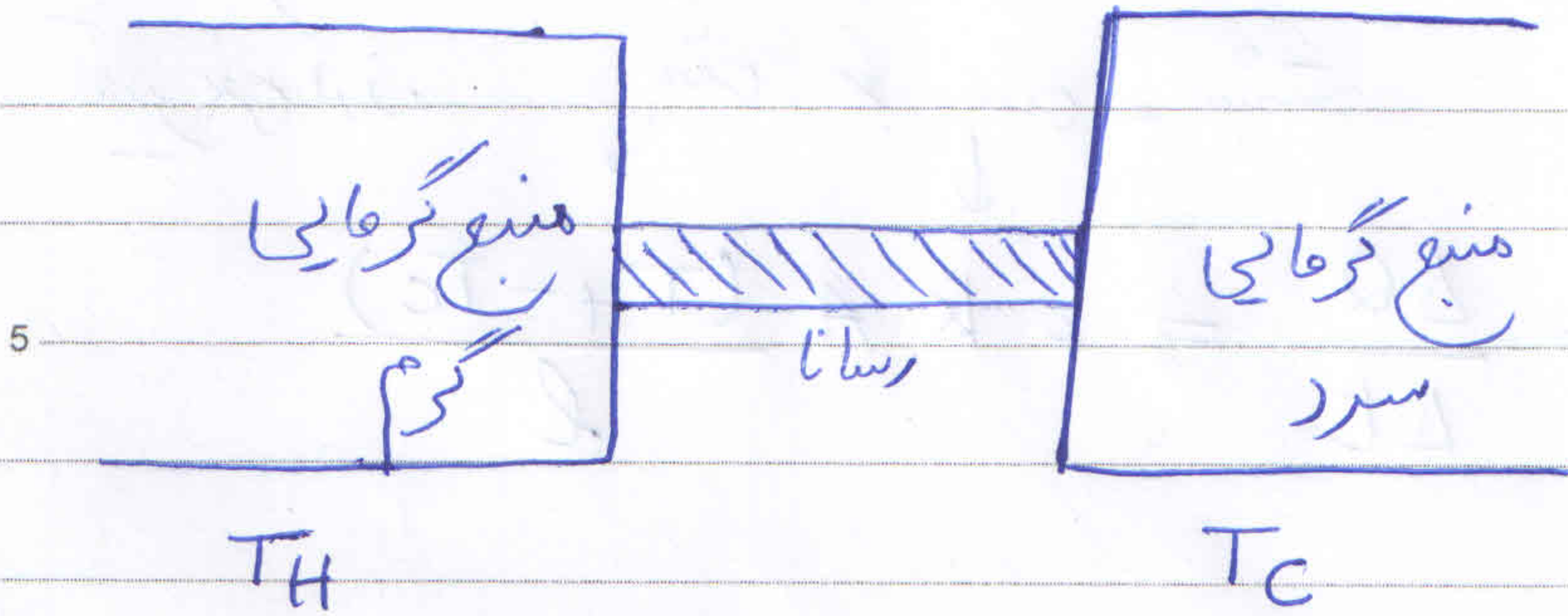
$$0 = (Q + Q') - 15$$

$$\Rightarrow Q + Q' = 15 \Rightarrow Q' = 15 - 20 = -5 \text{ J}$$

چون گرما از دست داده $Q' = -5 \text{ J}$

هرفته تابش رسانش ✓

سازوکار انتقال گرما رسانش



$\Delta Q \propto A \frac{\Delta T}{\Delta x} \Delta t$
 گرمای مبادله شده بین دو منبع
 مساحت
 زمان
 گرادین دما

$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -k A \frac{\Delta T}{\Delta x}$
 علامت منفی به خاطر از دست رفتن گرما
 ضریب رسانش گرمایی جسم (مثلاً مسله رسانا)
 T_H دما اولی → T_C دما پایانی
 $(T_C - T_H)$

در حالت پایا، آهنگ رسانش در عوار با هم برابر است یعنی میزان انرژی گرمایی

که از منبع گرم منتقل می شود، برابر است با میزان انرژی گرمایی که به منبع سرد انتقال می یابد.

حالت پایا: آهنگ انتقال انرژی در طول زمان بدون تغییر است.

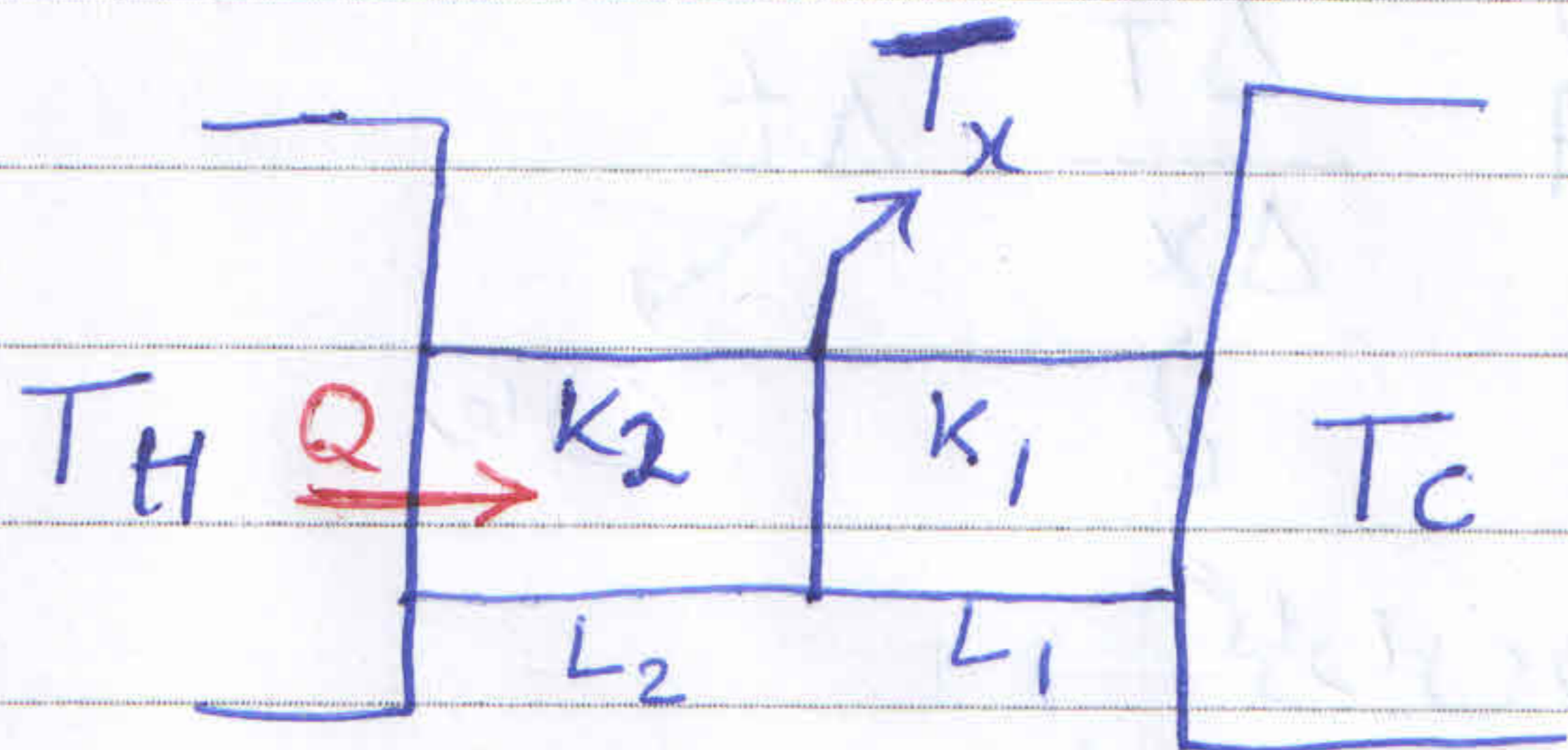
✓ نقاط مختلف تپه با هم برابر نیستند ولی در طول زمان هم

تصیر فرزند
 تپه × تپه = تپه

افزایش رسانش گرما

$$P = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{k A (T_H - T_C)}{l}$$

رسانش در تپه ترکیبی



در حالت L1

$$P_{Tot} = P_1 = P_2 = P_3 = \dots$$

$$P_{cond} = \frac{k_2 A (T_H - T_x)}{L_2} = \frac{k_1 A (T_x - T_C)}{L_1}$$

$$\Rightarrow T_x = \frac{k_1 L_2 T_C + k_2 L_1 T_H}{k_1 L_2 + k_2 L_1}$$

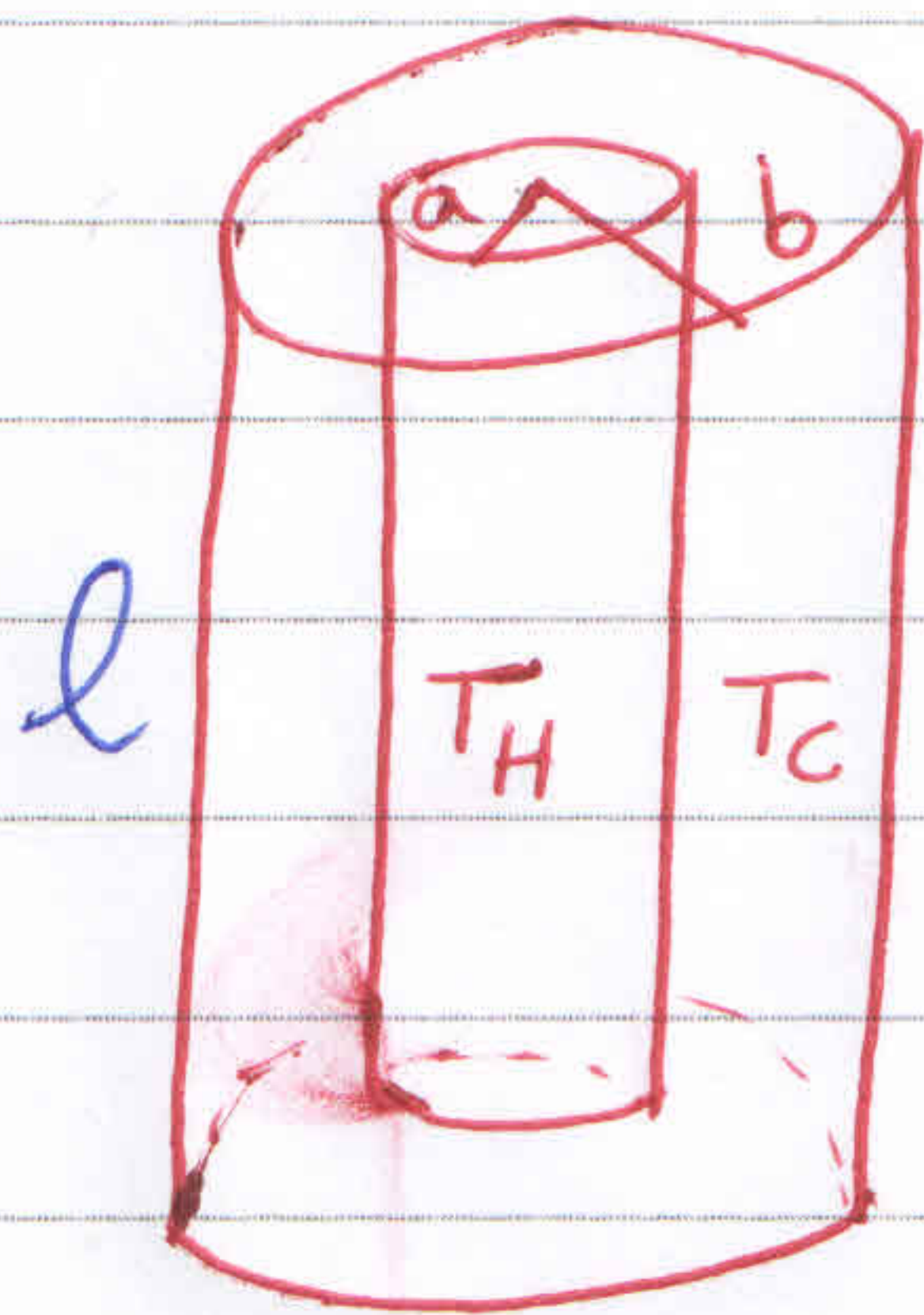
$$P_{cond} = \frac{A (T_H - T_C)}{L_1/k_1 + L_2/k_2}$$

$$\frac{1}{k_T} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

$$P_{Tot} = P_{cond} = \frac{A (T_H - T_C)}{\sum_i (L/k)}$$

اگر n دیواره متوالی باشد

انتقال گرما از دیواره استوانه

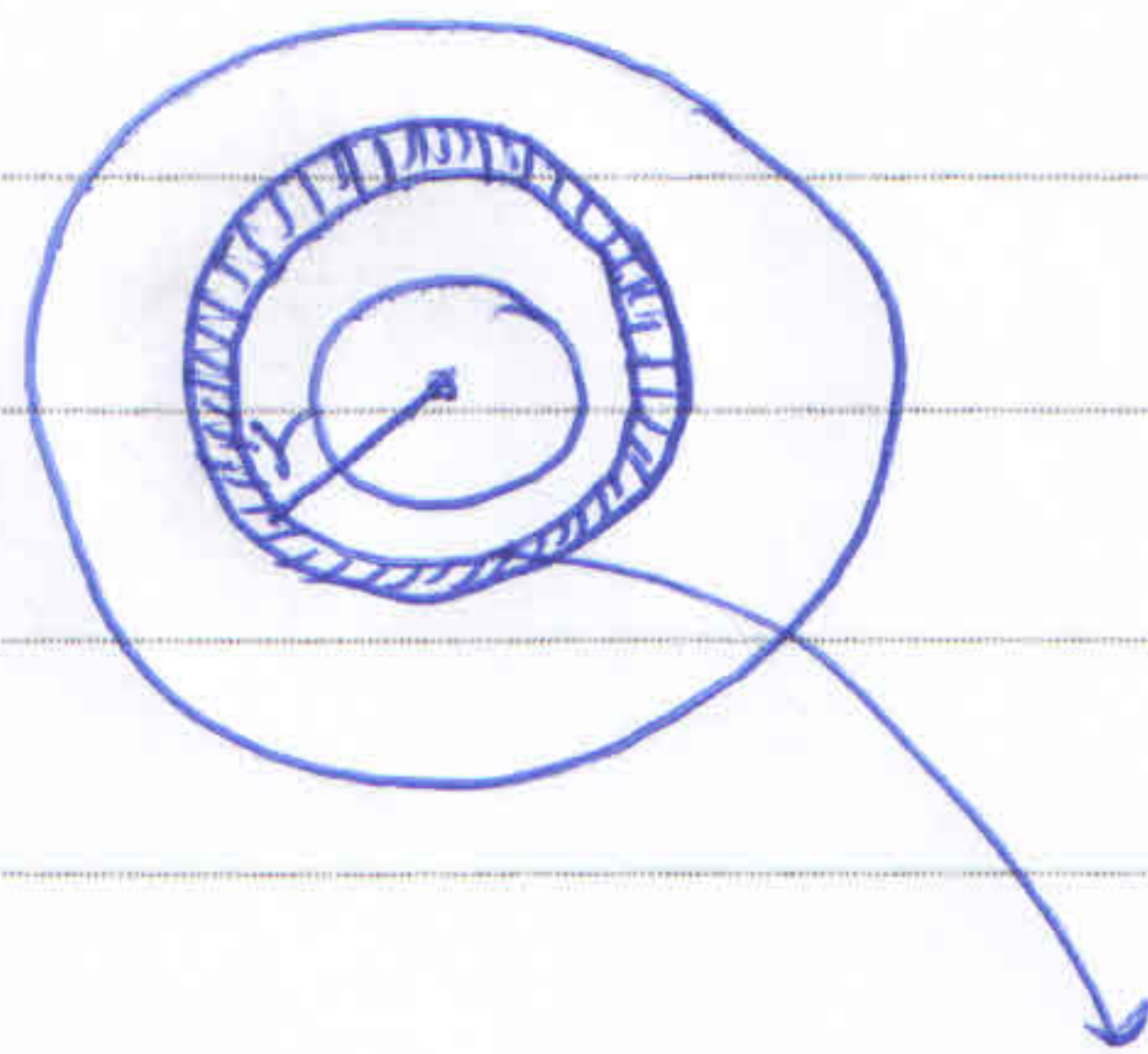


$$P_{\text{cond}} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = ?$$

گرادین دما $P \propto$

$$P \propto \frac{dT}{dr}$$

در طول این لایه



$$P = -k A \frac{dT}{dr}$$

\searrow $2\pi r l$

یک پوسته استوانه ای به شعاع r
و ضخامت dr و طول l

$$P = -k(2\pi r l) \frac{dT}{dr}$$

$$\Rightarrow \frac{P dr}{r} = -k(2\pi l) dT$$

$$P \int_{r_1=a}^{r_2=b} \frac{dr}{r} = -2\pi k l \int_{T_H}^{T_C} T$$

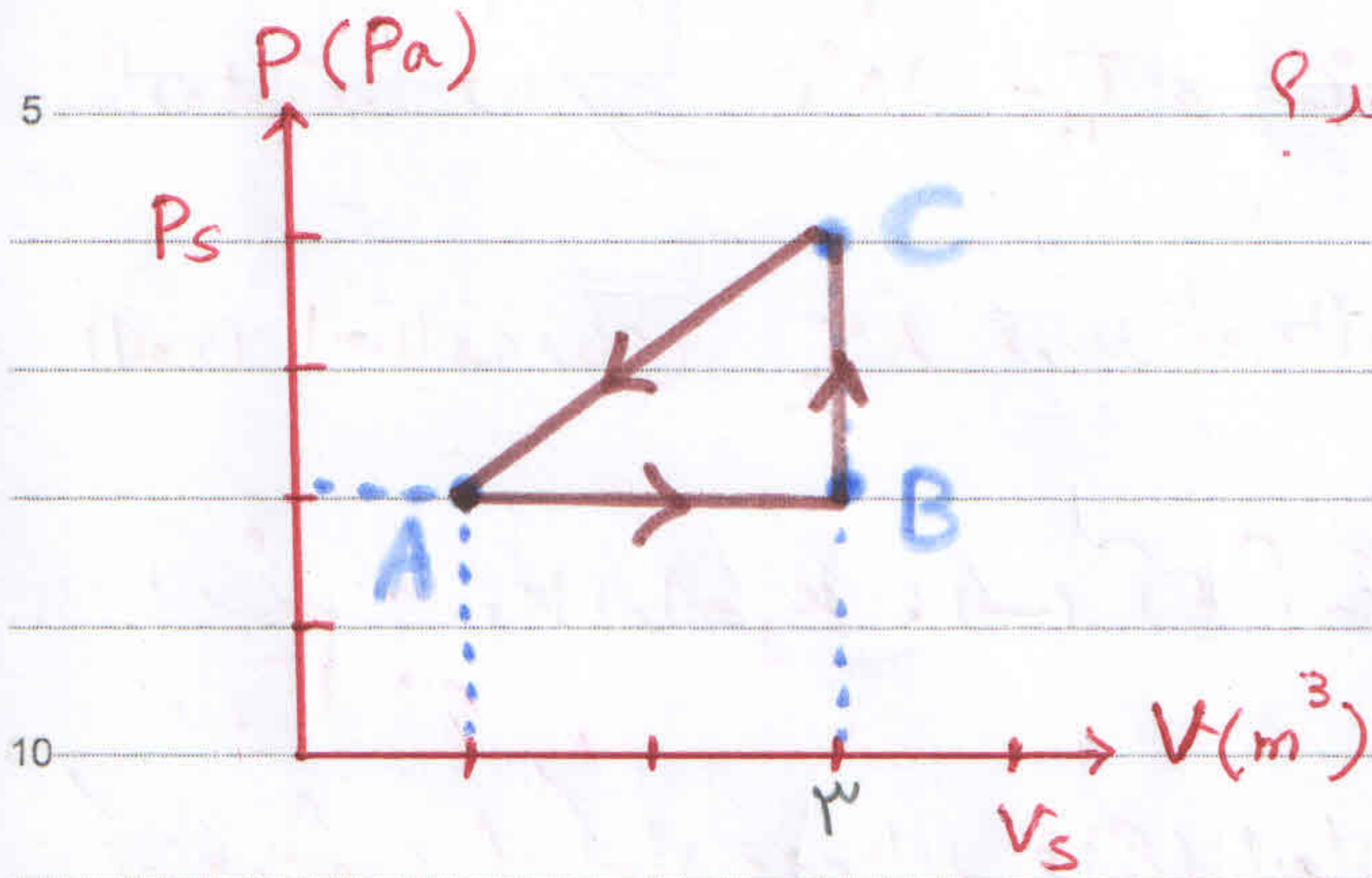
$$P \ln \frac{b}{a} = -2\pi k l (T_C - T_H)$$

$$P(\ln b - \ln a) \Rightarrow P = \frac{2\pi k l (T_H - T_C)}{\ln b/a}$$

سوال ۱۸ - ۴۶ و قسمت (۱۸ - ۴۴ و رسم) با توجه به شکل زیر

$P_s = 40 \text{ Pa}$ و $V_s = 4 \text{ m}^3$ ، جدول زیر را کامل کنید. این سیستم در یک

حرفه چقدر کار خالص انجام می دهد؟



	Q	W	ΔE_{int}
A → B	+	+	+
B → C	+	0	+
C → A	-	-	-

$$W_{net} = -\frac{1}{2} (V_A - V_B) \times (P_C - P_B)$$

$$= -\frac{1}{2} (V - 1) (P_0 - P_0) = -20 \text{ J}$$

* سوال ۱۸ - ۵۳ هتتم (۵۵ دهم) یک میل استوانه‌ای می به طول 1.2 m و

مساحت 4.8 cm^2 را چنان عایق‌بندی کرده‌ام که اختلاف گرما منفی است. اختلاف دما در دو سر

میل در 100°C نگه داشته شده است. (الف) رسانش انرژی در امتداد میل با چه آهنگی

رخ می‌دهد؟ (ب) در طرف سرد میل، یخ با چه آهنگی ذوب می‌شود؟

$$A = 4.8\text{ cm}^2$$

10

(الف)

$$k = 401$$

$$P = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{kA(T_H - T_C)}{L} = \frac{401 \times 4.8 \times 10^{-4} \times (100 - 0)}{1.2}$$

15

$$= 16\text{ J/s}$$

$$Q = mL_f$$

(ب)

20

$$16\text{ J} = m \times 333 \times 10^3$$

$$\Rightarrow m = 0.48\text{ g}$$

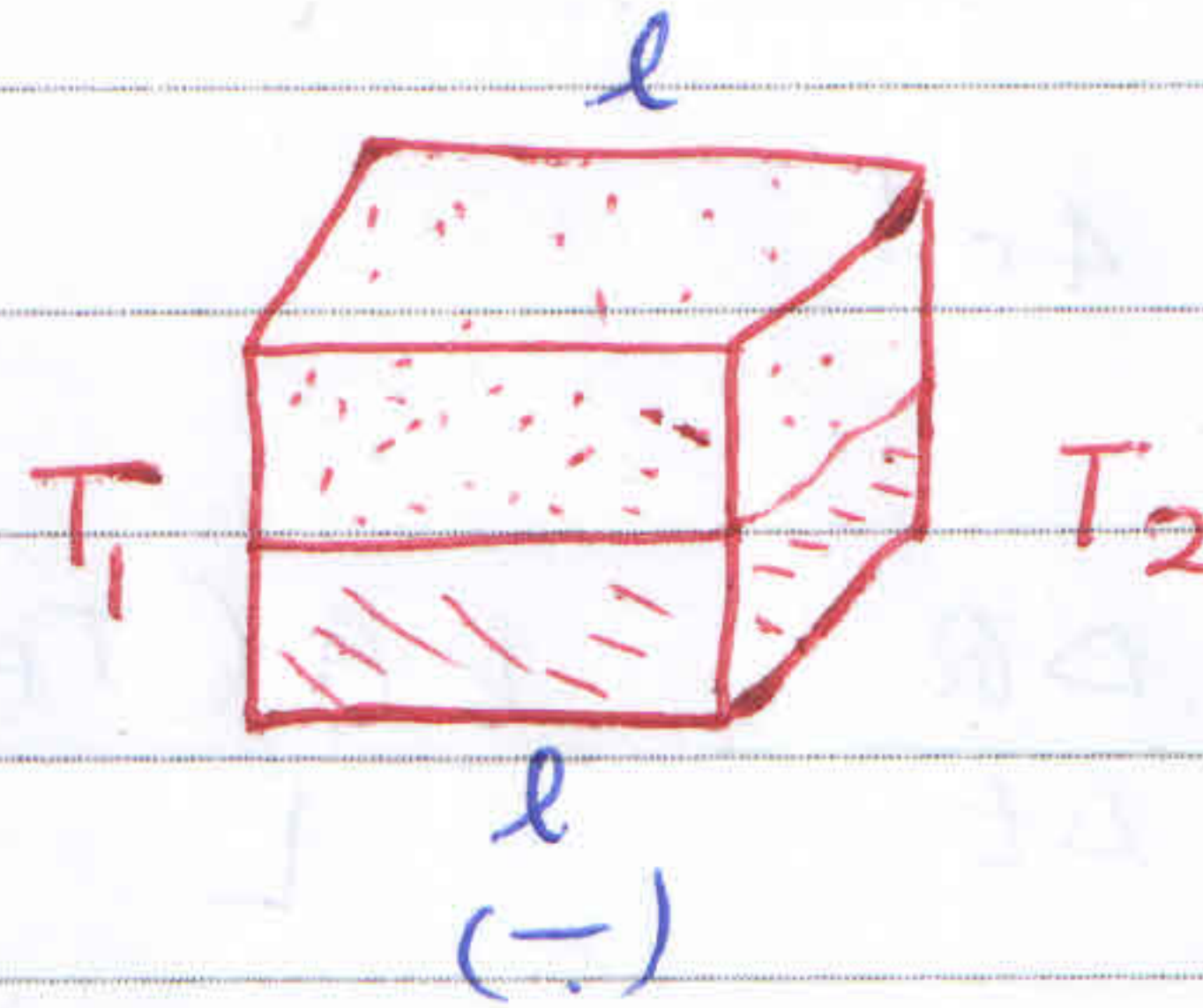
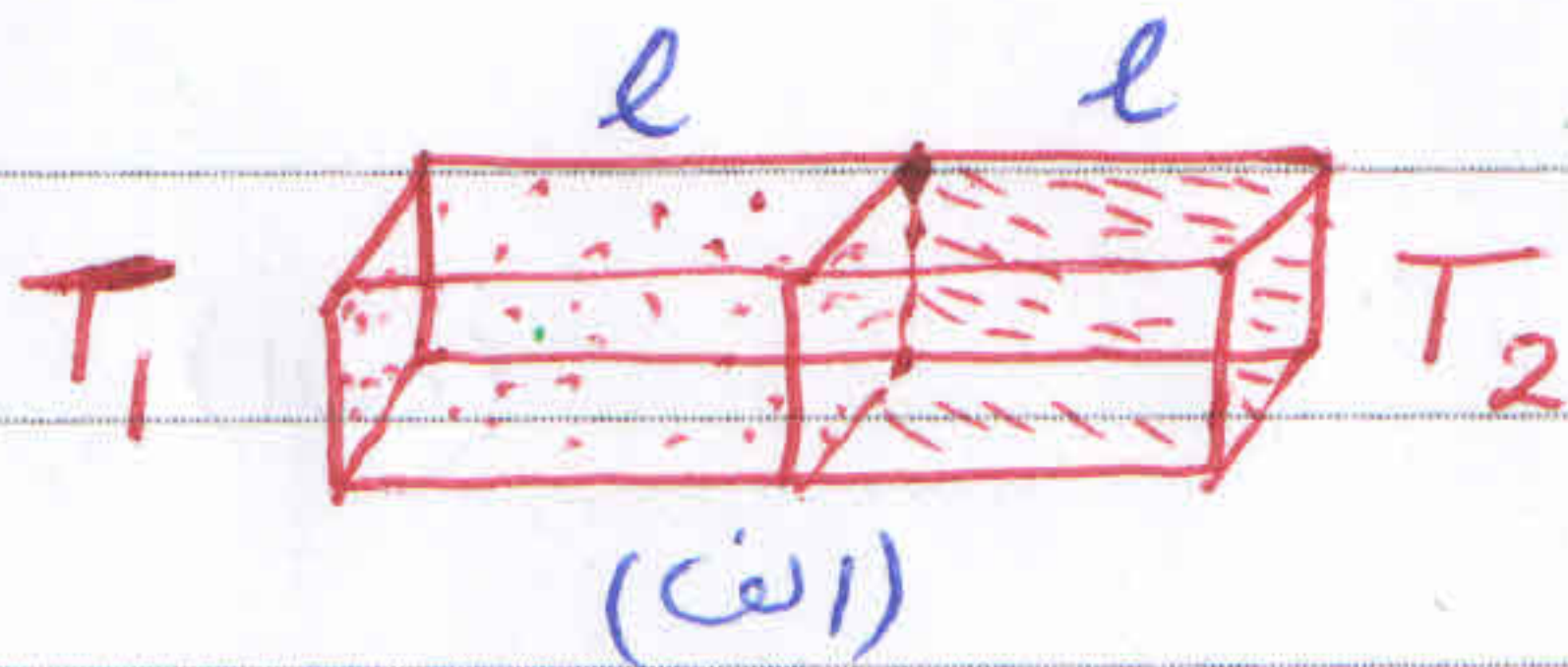
25

سوال ۱۸ - ۱۷ (۵۹ دهم) دو وسیله فلزی فستقل فلزی و مسی که به طور

سریعتر جوش خورده اند. دما در $T_1 = 0^\circ\text{C}$ و $T_2 = 100^\circ\text{C}$ در مدت 2 min

به اندازه ۱۰٪ انرژی با افت ثابت هدایت می شود. در حالی که دو وسیله از

یک جوش خورده باشند برابر باشند؟ انرژی به چه مدت زمانی نیاز داریم؟



$$(الف) \quad \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{kA(T_2 - T_1)}{2l}$$

برابر یک دیواره / تخته مربع

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{A(T_2 - T_1)}{\frac{l}{k} + \frac{l}{k} = \frac{2l}{k}} \Rightarrow \frac{100}{120} = \frac{kA(100 - 0)}{2l}$$

$$\frac{kA}{l} = \frac{1}{60}$$

$$(ب) \quad \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{k(2A)(T_2 - T_1)}{l}$$

$$\frac{100}{\Delta t} = \frac{kA \cdot 2 \times 100}{l} \Rightarrow \Delta t = \frac{1}{2 \times \frac{kA}{l}} = \frac{1}{2 \times \frac{1}{60}} = 30$$

$$\Delta t = 30 \text{ s}$$

۱۸ - ۵۸ ویرایش هشتم (۱۸ - ۴۰) شکل زیر مقطع دیواری را نشان می دهد که از

سه لایه k_1 و $k_2 = 0.9 k_1$ و $k_3 = 0.1 k_1$ تشکیل شده است. دما در $T_H = 30^\circ C$ و $T_C = -15^\circ C$ در سایش پائین است.

(الف) اختلاف دمای ΔT_2 در دو طرف لایه ۲ چقدر است؟ اگر در عوض دانسته

باشیم $k_2 = 1, k_1$ (ب) آیا آهنگ رسانش نسبت به حالت قبل بیشتر می شود؟

کمتر می شود؟ یکسان می ماند و (ج) اندازه ΔT_2 در این حالت چقدر است؟

(الف)

k_1	k_2	k_3
L_1	L_2	L_3

$$p = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{A(T_H - T_C)}{\sum_1 \frac{l_i}{k_i}}$$

$30 = T_H$ $T_C = -15$

$$= \frac{A(30 - (-15))}{\frac{l_1}{k_1} + \frac{7l_1}{9k_1} + \frac{35l_1}{8k_1}}$$

(A) = $20.3 A \frac{k_1}{l_1}$ ✓

حالا دوسر حالت T_1 و T_2

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{k_2 A (T_1 - T_2)}{l_2} = \frac{0.9 k_1 A \Delta T}{0.7 l_1}$$

(A'')

$$\Rightarrow 20.3 A \frac{k_1}{l_1} = \frac{0.9 k_1 A \Delta T}{0.7 l_1} \Rightarrow \begin{cases} T_1 = 9.7^\circ C \\ T_2 = -6.1^\circ C \end{cases}$$

$$\Delta T_{\text{میان}} = 13.8 \Rightarrow \begin{cases} T_1 = 8.3^\circ C \\ T_2 = -5.5^\circ C \end{cases} \leftarrow k_2 = 1, k_1 \text{ (-)}$$

Soroush