



Физика

Задание № 24 **(Расчётная задача)**

**Термодинамика –
расчётные задачи
высокого уровня**



Физика

Решаем задачи на механическое равновесие

1

Два чертежа: всегда рисуем два отдельных, понятных чертежа: «ДО» (начальное состояние) и «ПОСЛЕ» (конечное состояние). Даже если изменился только один параметр (например, температура), схему надо перерисовать.

2

Систематизация: подпишем на КАЖДОМ чертеже ВСЕ известные и неизвестные параметры:



Механические: масса поршня m , площадь S , высота столбика жидкости h , атмосферное давление p_0 и т.д.



Термодинамические: p_1 , V_1 , T_1 для состояния "ДО"; p_2 , V_2 , T_2 для состояния "ПОСЛЕ"

3

Главный вопрос: четко сформулируем, какую величину нужно найти. Это наша цель

После этого шага у нас перед глазами вся картина задачи, а не просто текст



Физика

На этом этапе мы забываем про молекулы и температуру. Мы анализируем только силы и давление!

Главное правило:
для каждого состояния («ДО» и «ПОСЛЕ»)
записываем уравнение равновесия

Если есть поршень/перегородка: пишем условие равенства сил.

1 Пример (поршень массой m , сверху атмосфера): Сила давления газа снизу = Сила тяжести поршня + Сила давления атмосферы сверху $p_{\text{газа}}S = mg + p_0S$

Если есть столбик жидкости (ртуть): давление газа уравнивается внешним давлением и давлением столбика жидкости ($p_{\text{ж}} = \rho gh$)

2 Пример (трубка открытым концом вверх): $p_{\text{газа}} = p_0 + \rho gh$
Пример (трубка открытым концом вниз): $p_{\text{газа}} + \rho gh = p_0$
Пример (трубка горизонтально): $p_{\text{газа}} = p_0$

Если есть воздушный шар (или тело в жидкости): записываем условие плавания.

3 Пример (шар взлетает): Сила Архимеда $\geq$ Силы тяжести
$$F_{\text{арх}} \geq m_{\text{оболочки}}g + m_{\text{газа}}g$$



Физика

Теперь мы забываем про поршни и силы. Нас интересует только описание состояния газа!

Главное правило,
для каждого состояния («ДО» и «ПОСЛЕ»)
записываем уравнение Менделеева-Клапейрона

Пример:

$$\begin{aligned} p_1 V_1 &= \nu_1 R T_1 \text{ (для состояния "ДО")} \\ p_2 V_2 &= \nu_2 R T_2 \text{ (для состояния "ПОСЛЕ")} \end{aligned}$$

Совет 1:

Часто количество вещества ν неизвестно, но дается масса m и молярная масса M . Не забываем, что $\nu = m/M$ ($pV = \frac{m}{M}RT$)

Совет 2:

Часто надо использовать уравнение Менделеева-Клапейрона с плотностью, не забываем про него!

$$(p = \frac{\rho}{M}RT)$$



Физика

Это ключевой шаг. Что связало начальное и конечное состояния? Что осталось неизменным в процессе перехода?

Найдём свой "мост" — закон сохранения или условие задачи:



$v = \text{const}$ (Герметичный сосуд): самый распространённый случай. Количество вещества газа не изменилось. Это позволяет нам связать уравнения состояния газа для «ДО» и «ПОСЛЕ».

Поделив одно уравнение на другое: и сократив v и R , получим **объединенный газовый закон**:



$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Это наш главный инструмент!



Физика

$T = \text{const}$ при неизменности количества вещества газа (**Изотермический процесс**): прямо (как правило) сказано в условии «температура не менялась».

Записываем $p_1 V_1 = p_2 V_2$

$V = \text{const}$ при неизменности количества вещества газа (**изохорный процесс**): объем не изменился. По условию задачи это – жёсткий сосуд или жестко закрепленный поршень. Записываем $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$

$p = \text{const}$ при неизменности количества вещества газа (**изобарный процесс**): давление не изменилось. В условии задачи об этом может быть сказано прямо, либо есть указание на невесомый и подвижный поршень – тогда давление выравнивается с внешним и не меняется.

Записываем $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

$V_1 = V_2$ при неизменности количества вещества газа: объем ПОСЛЕ такой же, как и ДО. Это не обязательно изохорный процесс (объём мог меняться в процесса), но это готовое уравнение-связка! Записываем $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$



Физика

1

Выписываем систему: соберем все полученные уравнения вместе

- ✓ Уравнение механики для «ДО»
- ✓ Уравнение механики для «ПОСЛЕ»
- ✓ Связующее уравнение-мост (один из 3х газовых законов или универсальный газовый закон)
- ✓ Механические уравнения

2

Решаем систему

3

Проверка: Проверяем размерность и адекватность ответа. Если объём получился отрицательным или масса шара 50 тонн — это повод искать ошибку!