

22.01.2026 Тема: Фазовые переходы. Преобразование энергии в фазовых переходах.

Инструкция: изучите теоретический материал, обращая внимание на производственные примеры.

Выполните предложенные задания. *Запись в тетрадь подчеркнутого материала, рисунок графического представления фазовых переходов. Задача в тетрадь.*

Блок 1. Теория: Агрегатные состояния и фазовые переходы в технике

1. Три агрегатных состояния:

**Газ:** Частицы движутся хаотично, расстояния между ними велики. Не имеют собственной формы и объема.

Пример на производстве: Сжатый воздух в пневмоинструменте (дрели, гайковерты), природный газ в магистральных.

**Жидкость:** Частицы колеблются и "перескакивают", сохраняя "ближний порядок". Имеют собственный объем, но принимают форму сосуда.

Пример на производстве: Охлаждающая жидкость (тосол) в системе ЧПУ станка, моторное масло в двигателе, гидравлическая жидкость в прессах и подъемниках.

**Твердое тело (кристаллическое):** Частицы колеблются около узлов кристаллической решетки, сохраняя "дальний порядок". Имеют собственную форму и объем.

Пример на производстве: Металлы (сталь, алюминий), из которых изготавливаются детали, полупроводниковые кристаллы (кремний) в микропроцессорах.

2. Фазовые переходы (с поглощением или выделением энергии):

**Плавление / Кристаллизация:**

Пример: Сварка. При плавлении электрода и кромок детали энергия поглощается. При остывании и кристаллизации шва энергия выделяется в окружающую среду.

**Испарение (парообразование) / Конденсация:**

Пример: Система охлаждения двигателя.

Антифриз, испаряясь в радиаторе, поглощает избыточное тепло от двигателя. Пар конденсируется, отдавая тепло атмосфере.

**Кипение** – частный случай испарения по всему объему жидкости при определенной температуре и давлении.

Пример: Паровой котел ТЭЦ. Вода кипит при высоком давлении, образует пар, который вращает турбину для выработки электроэнергии. Давление влияет на температуру кипения!

**Возгонка (сублимация) / Десублимация:**

Пример: Сушка древесины в вакуумных камерах. Лед в порах древесины возгоняется сразу в пар, минуя жидкую фазу, что ускоряет процесс.

3. Насыщенный пар и его свойства в технике:

**Насыщенный пар** – пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью (число испаряющихся молекул равно числу конденсирующихся).

**Свойство:** Его давление не зависит от объема, а зависит только от температуры. При сжатии насыщенного пара часть его конденсируется.

**Пример:** Автоклав для стерилизации. Повышая температуру, мы резко увеличиваем давление насыщенного пара внутри. Это давление не зависит от того, сколько еще пара мы накачаем – "лишний" пар сконденсируется. Это обеспечивает стабильные и контролируемые параметры стерилизации.

4. Влажность воздуха на производстве:

**Абсолютная влажность ( $\rho$ ):** Масса водяного пара в единице объема воздуха ( $[г/м^3]$ ).

**Относительная влажность ( $\varphi$ ):** Отношение текущего давления пара к давлению насыщенного пара при той же температуре.

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_{н.п.}} \cdot 100\%$$

**Точка росы** – температура, до которой должен охладиться воздух, чтобы пар стал насыщенным и началась конденсация.

Пример 1: Цех покраски автомобилей. Слишком низкая влажность – краска быстро сохнет, образуя дефекты. Слишком высокая – на поверхности детали может выпасть роса (достигнута точка росы), что приведет к отслоению краски. Необходим контроль влажности гигрометрами.

### Графическое представление фазовых переходов



Пример 2: Склад электронных компонентов. Высокая влажность может вызвать коррозию контактов и окисление. Конденсат выводит оборудование из строя.

#### 5. Поверхностное натяжение и смачивание:

**Поверхностное натяжение ( $\sigma$ )** – сила, действующая вдоль поверхности жидкости и стремящаяся ее сократить. Жидкость ведет себя как упругая пленка.

$\sigma = F / l$ , где  $F$  - сила поверхностного натяжения,  $l$  - длина границы поверхности.

Пример: Пайка микросхем. Припой должен хорошо смачивать (растекаться) по контактам, а не собираться в каплю. Для этого используют флюс – вещество, которое уменьшает поверхностное натяжение припоя и улучшает смачивание.

**Капиллярность** – подъем или опускание жидкости в узких трубках (капиллярах) due to поверхностному натяжению.

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$$

Формула высоты уровня жидкости в капилляре для случая идеального смачивания

Пример: Подача смазки в узкие зазоры подшипников качения происходит за счет капиллярных сил.

#### Блок 2. Расчеты (в тетрадь)

В цехе при температуре +20°C давление водяного пара составляет 1.4 кПа. Давление насыщенного пара при этой температуре равно 2.33 кПа. Определите относительную влажность воздуха в цехе. Достаточно ли она для комфортной работы?

Дано:  $t = 20^\circ\text{C}$ ,  $p = 1.4 \text{ кПа} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Па}$ ,  $p_{\text{н.п.}} = 2.33 \text{ кПа} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Па}$ .

Найти:  $\phi$  - ?

Решение:

$\phi = (p / p_{\text{н.п.}}) * 100\% = ( \underline{\hspace{1cm}} / \underline{\hspace{1cm}} ) * 100\% \approx \underline{\hspace{1cm}} \%$

Ответ:  $\phi \approx \underline{\hspace{1cm}} \%$ . Влажность (нормальная/пониженная/повышенная).

#### Блок3. Вопросы на закрепление (устно)

- Чем принципиально отличается поведение насыщенного пара от идеального газа при сжатии?
- Почему капля воды на обезжиренной металлической пластине растекается, а на поверхности листа лотоса собирается в шарик?