

# Аллотропные модификации фосфора

- ❑ Фосфор может существовать в виде большого числа аллотропных форм;
- ❑ в настоящее время их насчитывается 11;
- ❑ все многообразие аллотропных форм можно свести к трем основным модификациям:
  - ✓ белый фосфор,
  - ✓ **красный фосфор,**
  - ✓ **чёрный фосфор.**

# Белый фосфор $P_4$

- Кристаллическая решетка – молекулярная;
- в узлах находятся тетраэдрические молекулы  $P_4$
- Степень окисления  $P_4^0$ , валентность – III

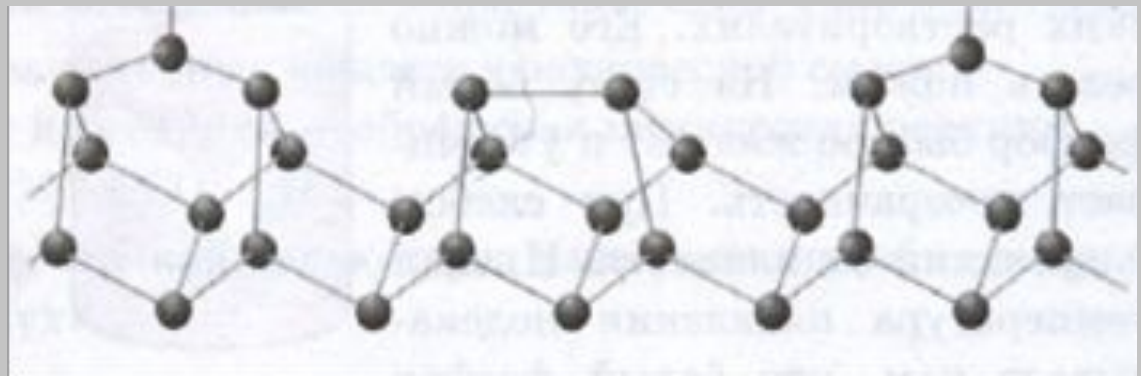


# Физические свойства белого фосфора

- Мягкое воскообразное вещество при обычных условиях
- Плотность =  $1,82 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
- $t^{\circ}\text{C}_{\text{плавления}} = 44^{\circ}\text{C}$
- $t^{\circ}\text{C}_{\text{воспламенения}} = 36^{\circ}\text{C} - 60^{\circ}\text{C}$  (в зависимости от концентрации кислорода)
- Очень реакционноспособен
- Растворим в сероуглероде и бензоле, жидких аммиаке и  $\text{SO}_2$ , эфире.
- Нерастворим в жидкой воде
- С водяным паром образует газовую смесь
- Запах – неприятный, чесночный
- Цвет – бледно-желтый
- Очень ядовит
- Воспламеняется при трении
- Светится в темноте за счет медленного окисления
- В лаборатории его хранят под слоем воды

# Красный фосфор

- Кристаллическая решетка – атомная;
- **Красный** фосфор – полимерная модификация фосфора
- При длительном нагревании без доступа воздуха, **белый** фосфор превращается в **красный**, при этом в молекулах  $P_4$  разрываются некоторые связи P–P и образующиеся фрагменты объединяются в длинные трубки
- Степень окисления  $P_n^0$
- Валентность – III



# Физические свойства красного фосфора

- Плотность его намного больше, чем у белого фосфора,  
 $\rho = 2,4 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
- Структура мелкокристаллическая, (порошок)
- $t^{\circ}\text{C}_{\text{плавления}} = 600^{\circ}\text{C}$
- $t^{\circ}\text{C}_{\text{воспламенения}} = 240^{\circ}\text{C} - 250^{\circ}\text{C}$
- Менее реакционноспособен, чем белый фосфор
- Нерастворим в воде и сероуглероде
- Не светится в темноте
- Самовоспламеняется при трении или ударе
- Различается по плотности и окраске: она колеблется от оранжевой до темно-красной и даже фиолетовой

# Черный фосфор

- Кристаллическая решетка – атомная;
- **Черный фосфор** – полимерная модификация фосфора
- При высоком давлении **белый** и **красный** фосфор превращаются в **чёрный**, состоящий из слоёв, образованными атомами фосфора
- Степень окисления  $P_n^0$
- Валентность – III



# Физические свойства черного фосфора

- Плотность его намного больше, чем у белого и **красного** фосфора,  $\rho = 2,69 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
- Самая устойчивая модификация фосфора
- $t_{\text{плавления}}^{\circ\text{C}} = 1000^{\circ\text{C}}$  под давлением 18 атмосфер
- По внешним признакам **черный фосфор** напоминает металл,
- Имеет металлический блеск
- Обладает электропроводностью, теплопроводностью, является полупроводником
- Довольно твердый,
- Жирный на ощупь,
- Не растворяется ни в воде, ни в органических растворителях
- Наименее активный из всех модификаций

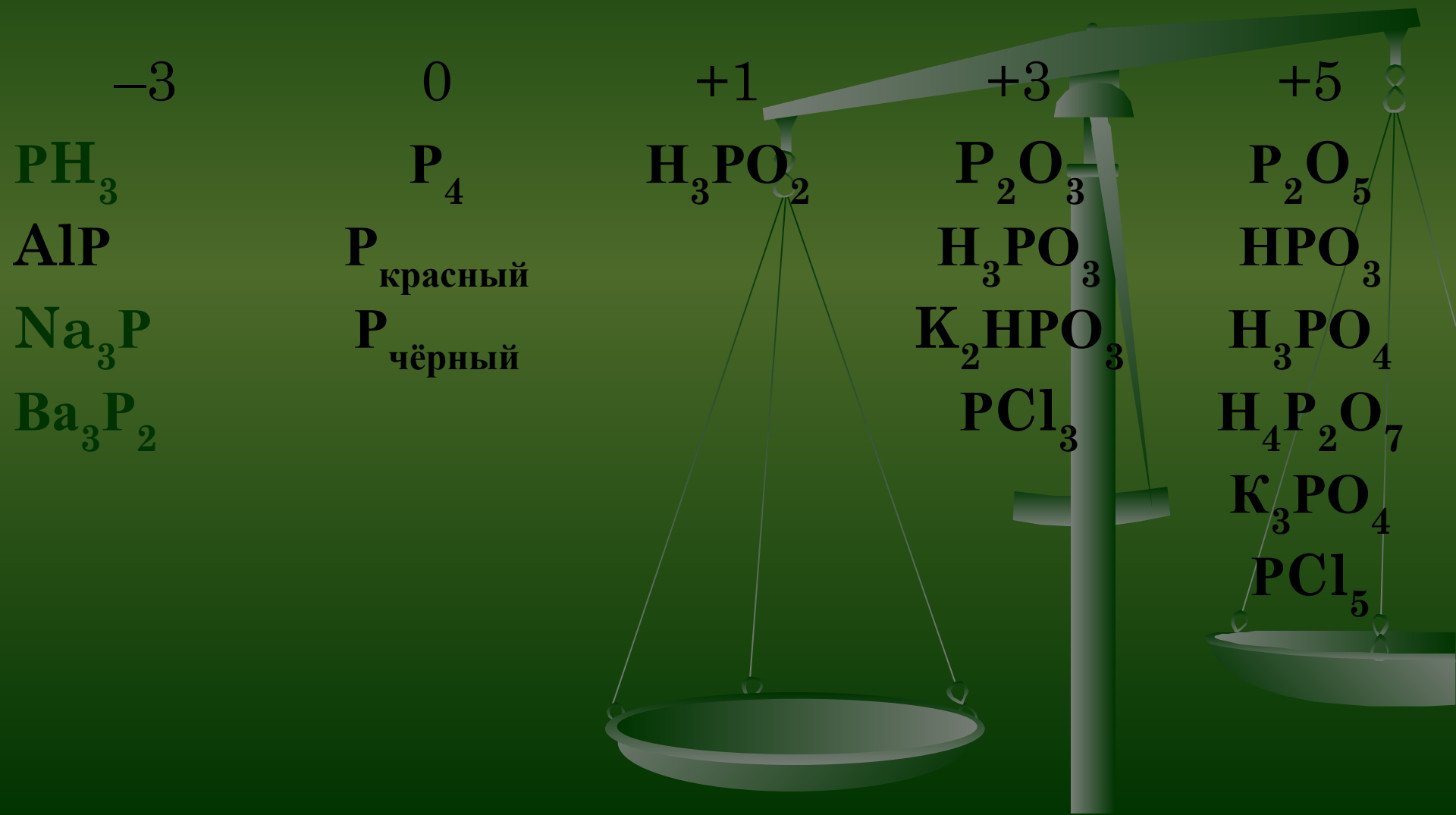
## Методы получения и взаимные превращения аллотропных модификаций фосфора

Белый фосфор получают при нагревании фосфата кальция с песком и углем в электрической печи без доступа воздуха:





# Степени окисления фосфора



Водород взаимодействует только с белым фосфором при нагревании до  $300^{\circ} - 360^{\circ}\text{C}$  и повышенном давлении, образуя *фосфин*, выход которого незначителен

$300^{\circ}\text{C} - 360^{\circ}\text{C}, p$

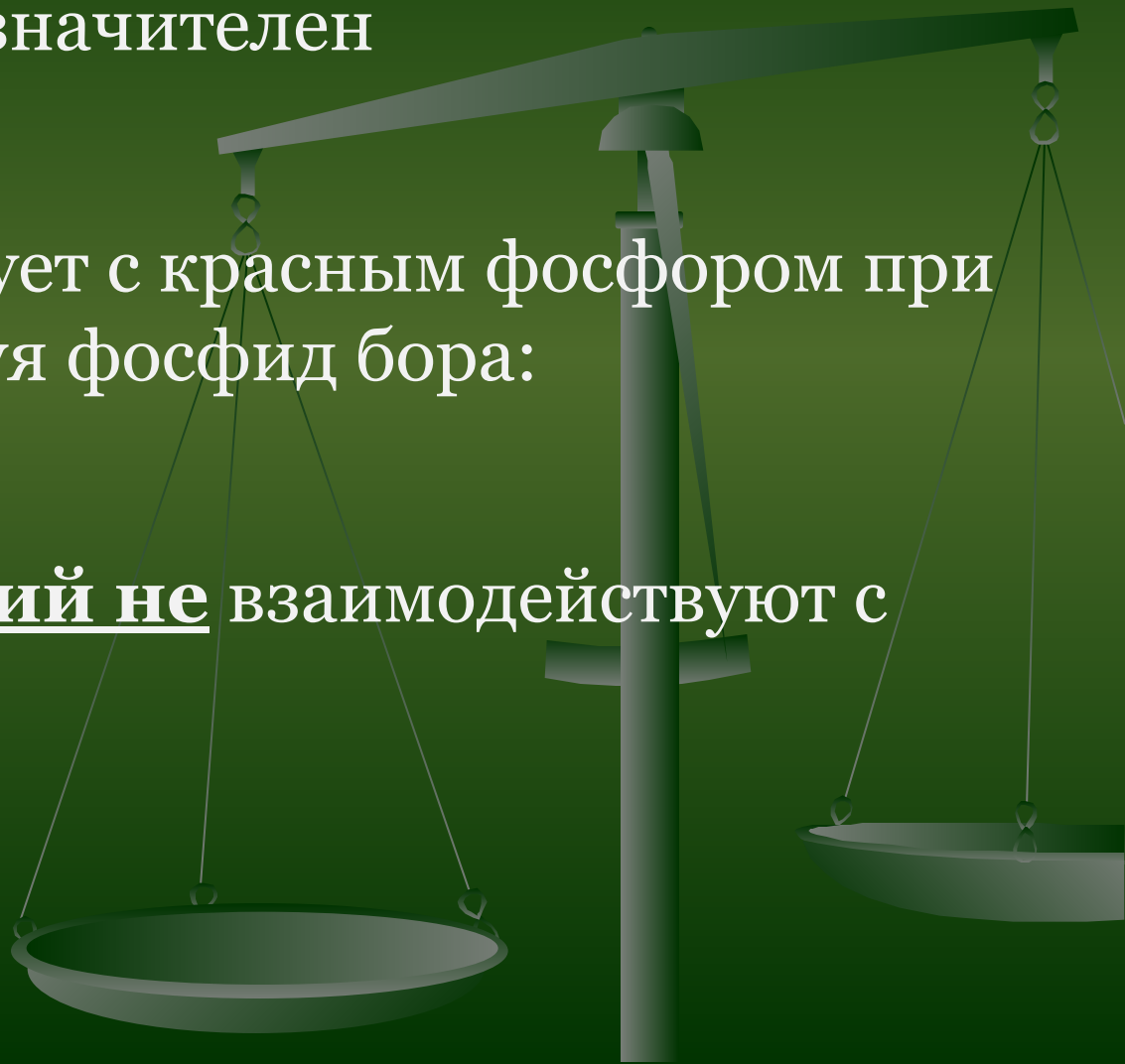


Бор взаимодействует с красным фосфором при нагревании, образуя фосфид бора:

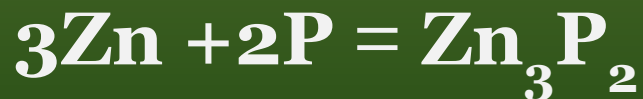
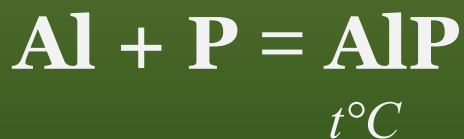
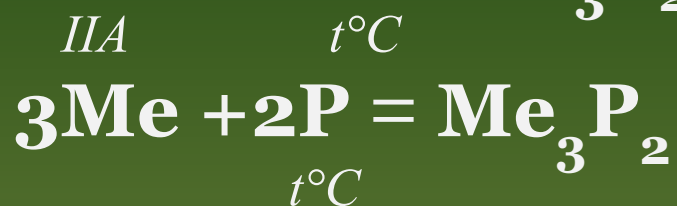
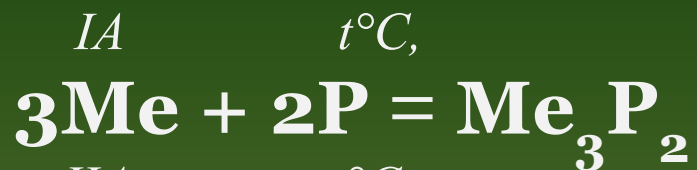
$900^{\circ}\text{C} - 1200^{\circ}\text{C}$



Углерод и кремний не взаимодействуют с фосфором



Щелочные металлы, металлы IА группы, алюминий и цинк взаимодействуют с фосфором при нагревании, образуя фосфиды:



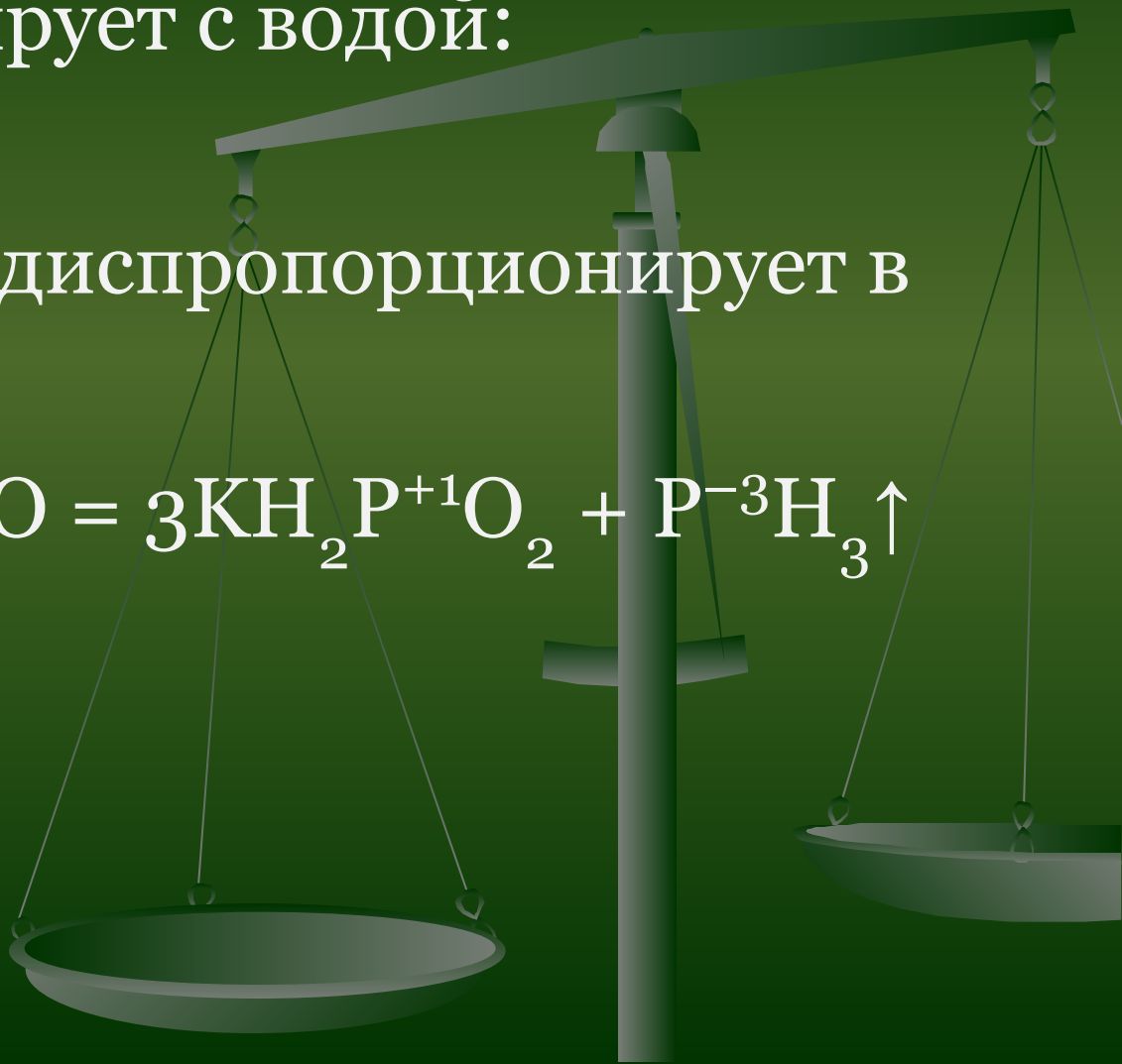
Остальные металлы с фосфором не реагируют.



Фосфор не реагирует с водой:



Белый фосфор диспропорционирует в  
растворе щелочи:



Белый фосфор диспропорционирует

в концентрированной соляной кислоте:



С концентрированной серной кислотой фосфор окисляется до фосфорной кислоты:



С азотной кислотой фосфор окисляется до фосфорной кислоты:

