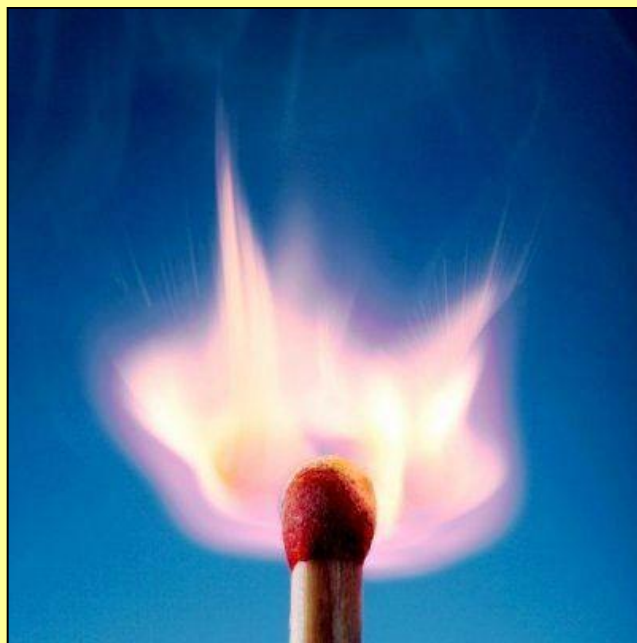


Урок по химии в 10 классе:  
«Азот и фосфор –  
p-элементы VA-группы»

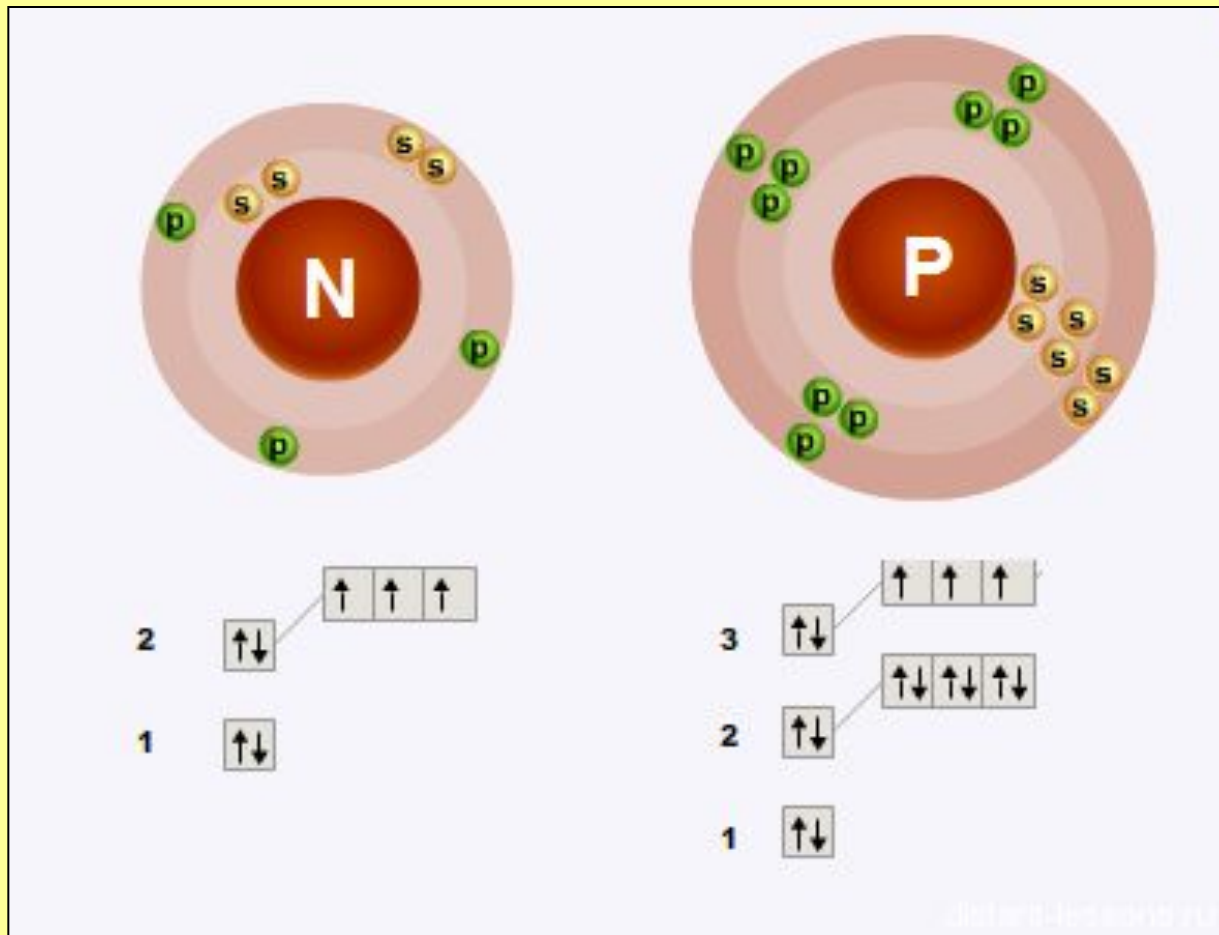


подготовил  
учитель химии и биологии  
ГУО СШ №163 г.Минска  
Костюкевич Юрий Михайлович

В VA-группе периодической системе расположены неметаллы азот N и фосфор P, полуметалл мышьяк As, а также сурьма Sb и висмут Bi, которые относят к неметаллам.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII								
П е р и о д ы	I	<b>H</b> 1,00794 ВОДОРОД														<b>He</b> 4,00260 ГЕЛИЙ
	II	<b>Li</b> 6,941 ЛИТИЙ	<b>Be</b> 9,01218 БЕРИЛЛИЙ	<b>B</b> 10,811 БОР	<b>C</b> 12,011 УГЛЕРОД	<b>N</b> 14,0067 АЗОТ	<b>O</b> 15,9994 КИСЛОРОД	<b>F</b> 18,9984 ФТОР								<b>Ne</b> 20,179 НЕОН
	III	<b>Na</b> 22,9897 НАТРИЙ	<b>Mg</b> 24,305 МАГНИЙ	<b>Al</b> 26,9815 АЛЮМИНИЙ	<b>Si</b> 28,0855 КРЕМНИЙ	<b>P</b> 30,9737 ФОСФОР	<b>S</b> 32,066 СЕРА	<b>Cl</b> 35,453 ХЛОР								<b>Ar</b> 39,948 АРГОН
	IV	<b>K</b> 39,0983 КАЛИЙ	<b>Ca</b> 40,078 КАЛЬЦИЙ	<b>Sc</b> 44,9559 СКАНДИЙ	<b>Ti</b> 47,88 ТИТАН	<b>V</b> 50,9415 ВАНАДИЙ	<b>Cr</b> 51,9961 ХРОМ	<b>Mn</b> 54,9380 МАРГАНЕЦ	<b>Fe</b> 55,847 ЖЕЛЕЗО	<b>Co</b> 58,9332 КОБАЛЬТ	<b>Ni</b> 58,69 НИКЕЛЬ					
		<b>Cu</b> 63,546 МЕДЬ	<b>Zn</b> 65,39 ЦИНК	<b>Ga</b> 69,723 ГАЛЛИЙ	<b>Ge</b> 72,69 ГЕРМАНИЙ	<b>As</b> 74,9216 МЫШЬЯК	<b>Se</b> 78,96 СЕЛЕН	<b>Br</b> 79,904 БРОМ							<b>Kr</b> 83,80 КРИПТОН	
	V	<b>Rb</b> 85,4678 РУБИДИЙ	<b>Sr</b> 87,62 СТРОНЦИЙ	<b>Y</b> 88,9059 ИТРИЙ	<b>Zr</b> 91,224 ЦИРКОНИЙ	<b>Nb</b> 92,9064 НИОБИЙ	<b>Mo</b> 95,94 МОЛЕБДЕН	<b>Tc</b> 97,9072 ТЕХНЕЦИЙ	<b>Ru</b> 101,07 РУТЕНИЙ	<b>Rh</b> 102,905 РОДИЙ	<b>Pd</b> 106,42 ПАЛЛАДИЙ					
		<b>Ag</b> 107,868 СЕРЕБРО	<b>Cd</b> 112,41 КАДМИЙ	<b>In</b> 114,82 ИНДИЙ	<b>Sn</b> 118,69 ОЛОВО	<b>Sb</b> 121,75 СУРЬМА	<b>Te</b> 127,6 ТЕЛЛУР	<b>I</b> 126,905 ЙОД						<b>Xe</b> 131,3 КСЕНОН		
	VI	<b>Cs</b> 132,905 ЦЕЗИЙ	<b>Ba</b> 137,34 БАРИЙ	<b>La</b> 138,905 ЛАНТАН	<b>Hf</b> 178,49 ГАФИЙ	<b>Ta</b> 180,948 ТАНТАЛ	<b>W</b> 183,85 ВОЛЬФРАМ	<b>Re</b> 186,207 РЕНИЙ	<b>Os</b> 190,2 ОСМИЙ	<b>Ir</b> 192,22 ИРИДИЙ	<b>Pt</b> 195,09 ПЛАТИНА					
		<b>Au</b> 196,967 ЗОЛОТО	<b>Hg</b> 200,59 РУТУТЬ	<b>Tl</b> 204,37 ТАЛЛИЙ	<b>Pb</b> 207,19 СВИНЕЦ	<b>Bi</b> 208,98 ВИСМУТ	<b>Po</b> [210] ПОЛОНИЙ	<b>At</b> [210] АСТАТ						<b>Rn</b> [222] РАДОН		
	VII	<b>Fr</b> [223] ФРАНЦИЙ	<b>Ra</b> [226] РАДИЙ	<b>Ac</b> 227,027 АКТИНИЙ	<b>Rf</b> [261] РЕЗЕРФОРДИЙ	<b>Db</b> [262] ДУБИЙ	<b>Sg</b> [263] СИБОРГИЙ	<b>Bh</b> [262] БОРИЙ	<b>Hs</b> [269] ХАССИЙ	<b>Mt</b> [266] МЕЙТНЕРИЙ	<b>Ds</b> [271] ДАРМШТАДИЙ					
		<b>Rg</b> [280] РЕНТГЕНИЙ	<b>Uub</b> [285] УНУНБИЙ	<b>Uut</b> 113 УНУНТРИЙ	<b>Uuq</b> 114 УНУНКВАДИЙ											
	Лантаноиды	<b>58 Ce</b> 140,12 ЦЕРИЙ	<b>59 Pr</b> 140,908 ПРАЗЕДИЙ	<b>60 Nd</b> 144,24 НЕОДИМ	<b>61 Pm</b> [145] ПРОМЕТИЙ	<b>62 Sm</b> 150,4 САМАРИЙ	<b>63 Eu</b> 151,96 ЕВРОПИЙ	<b>64 Gd</b> 157,25 ГАДОЛИНИЙ	<b>65 Tb</b> 158,925 ТЕРБИЙ	<b>66 Dy</b> 162,5 ДИСПРОЗИЙ	<b>67 Ho</b> 164,93 ГОЛЬМИЙ	<b>68 Er</b> 167,26 ЭРБИЙ	<b>69 Tm</b> 168,934 ТУЛИЙ	<b>70 Yb</b> 173,04 ИТТЕРБИЙ	<b>71 Lu</b> 174,97 ЛОТЦИЙ	
	Актиноиды	<b>90 Th</b> 232,038 ТОРИЙ	<b>91 Pa</b> [231] ПРОТАКТИНИЙ	<b>92 U</b> 238,29 УРАН	<b>93 Np</b> [237] НЕПУТЧИЙ	<b>94 Pu</b> [244] ПЛУТОНИЙ	<b>95 Am</b> [243] АМЕРИЦИЙ	<b>96 Cm</b> [247] КОРИЙ	<b>97 Bk</b> [247] БЕРКЛИЙ	<b>98 Cf</b> [251] КАЛИФОРНИЙ	<b>99 Es</b> [254] ЭНЦЕФЕРИЙ	<b>100 Fm</b> [257] ФЕРМИЙ	<b>101 Md</b> [258] МЕНДЕЛЕВИЙ	<b>102 No</b> [259] НОБЕЛИЙ	<b>103 Lr</b> [260] ЛОУРЕНСИЙ	

У атомов элементов VA-группы на внешнем электронном слое находится по 5 электронов. Электронная конфигурация их внешнего электронного слоя  $ns^2np^3$ , например:  
азота –  $2s^2p^3$ , фосфора –  $3s^23p^3$ .



В химических соединениях атомы азота и фосфора могут проявлять степени окисления от -3 до +5.

# Азот в природе

Азот обозначается символом N

(лат. Nitrogenium, т.е. «рождающий селитру»).

Простое вещество азот ( $N_2$ ) — достаточно инертный при нормальных условиях газ без цвета, вкуса и запаха.

Азот, в форме двухатомных молекул  $N_2$  составляет большую часть атмосферы, где его содержание составляет 78,084% по объёму (то есть около  $3,87 \cdot 10^{15}$  т).



# Азот в космосе

Вне пределов Земли азот обнаружен в газовых туманностях, солнечной атмосфере, на Уране, Нептуне, межзвёздном пространстве и др. Азот — 4й по распространённости элемент Солнечной системы (после водорода, гелия и кислорода).



# Фосфор в природе

Фосфор в природе встречается в основном в виде фосфатов.

Так, **фосфат кальция**  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  является основным компонентом минерала апатита.

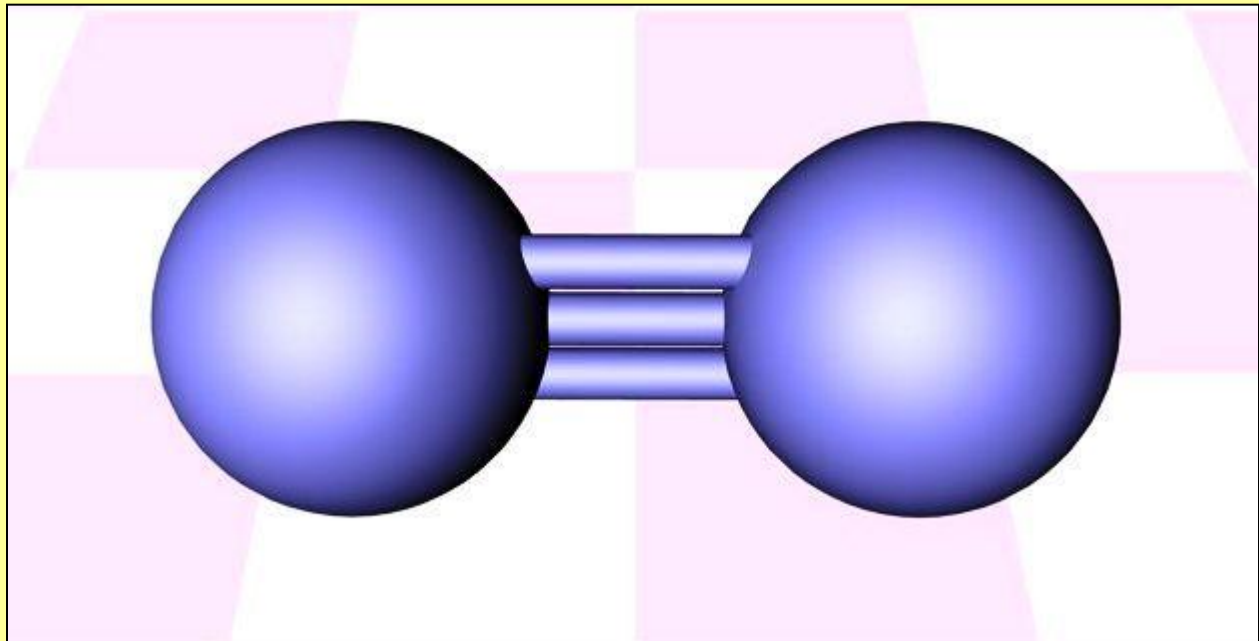
Фосфор содержится во всех частях зелёных растений, ещё больше его в плодах и семенах.

Содержится в животных тканях, входит в состав белков и других важнейших органических соединений (АТФ, ДНК), является элементом жизни.



**Апатит**

Простое вещество азот состоит из двухатомных молекул  $N_2$ . В молекуле  $N_2$  атомы азота связаны между собой тройной ковалентной неполярной связью. Энергия тройной связи велика и составляет 946кДж/моль. Поэтому разрыв связей и образование атомов и молекул азота осуществляется только при температуре выше  $3000^{\circ}C$ . Высокая прочность связи в молекулах обуславливает химическую инертность азота.



# Фосфор

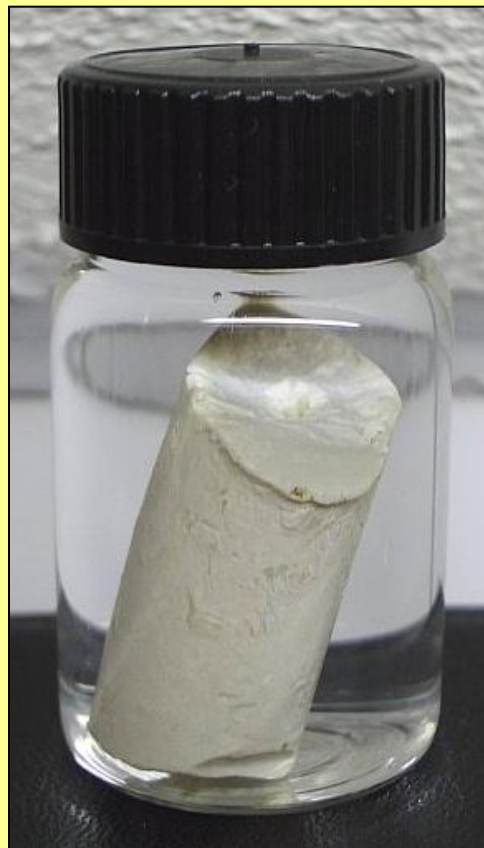
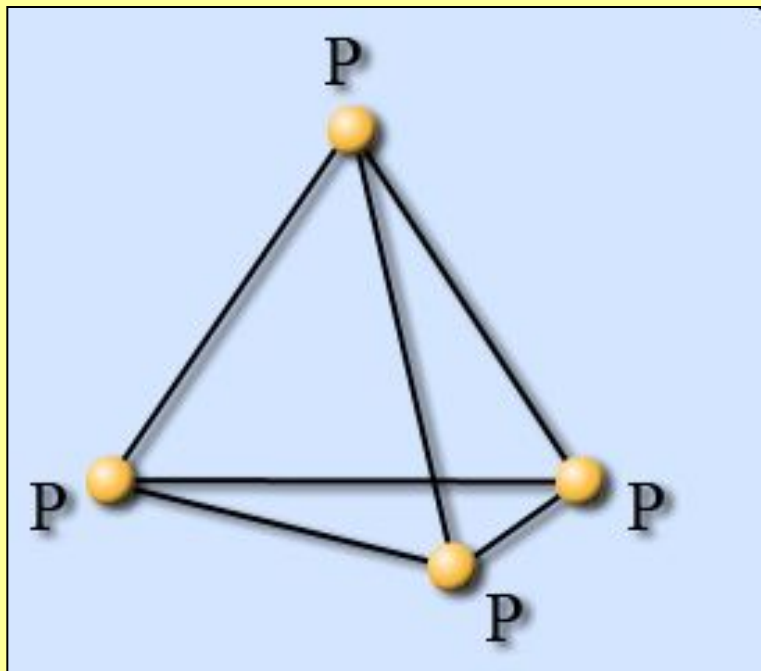
В свободном состоянии фосфор образует несколько аллотропных модификаций, которые называются белым, красным и черным фосфором.





В простейшей молекуле  $P_4$  каждый из четырех атомов фосфора связан ковалентной связью с тремя остальными. Из таких молекул, имеющих форму тетраэдра, состоит **белый фосфор**.

Отливаемый в инертной атмосфере в виде палочек (слитков), он сохраняется в отсутствие воздуха под слоем очищенной воды или в специальных инертных средах.



Химически белый фосфор чрезвычайно активен!

Например, он медленно окисляется кислородом воздуха уже при комнатной температуре и светится (бледно-зелёное свечение).

Явление такого рода свечения вследствие химических реакций окисления называется

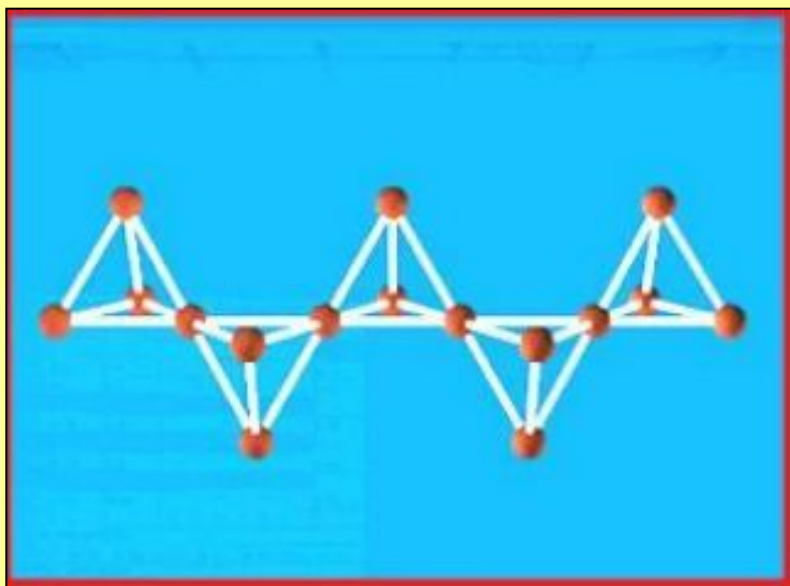
хемилюминесценцией (иногда ошибочно фосфоресценцией).

Белый фосфор весьма ядовит . Летальная доза белого фосфора для взрослого мужчины составляет 0,05—0,1 г.



**Красный фосфор** имеет атомную полимерную структуру, в которой каждый атом фосфора связан с тремя другими атомами ковалентными связями.

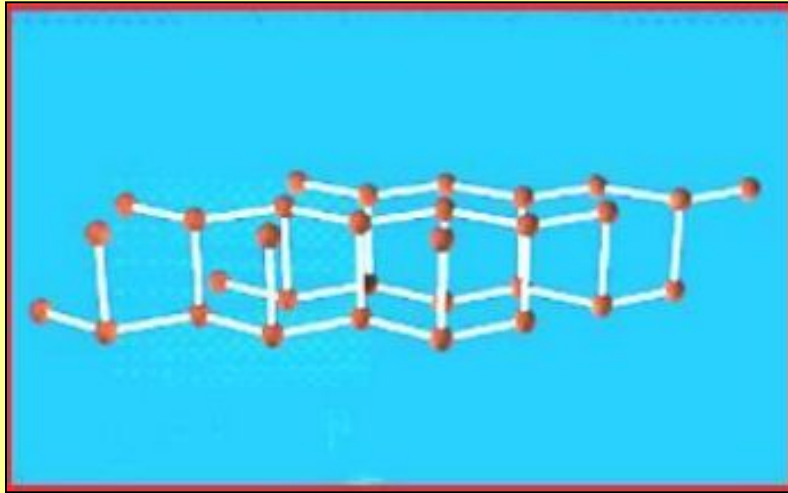
Красный фосфор не летуч, не растворим в воде, не ядовит. Он используется в производстве спичек.



На свету и при нагревании до  $300^{\circ}\text{C}$  без доступа воздуха белый фосфор превращается в красный фосфор.

При нагревании под давлением примерно в 1200 раз большим, чем атмосферное давление, белый фосфор переходит в **черный фосфор**, который имеет атомную слоистую кристаллическую решетку. Черный фосфор по своим физическим свойствам похож на металл: он проводит электрический ток и блестит. Внешне весьма похож на графит.

Чёрный фосфор — это химически наименее активная форма фосфора.



В 1830 году французский химик Шарль Сория изобрёл фосфорные спички, состоявшие из смеси бертолетовой соли, белого фосфора и клея. Эти спички были весьма огнеопасны, поскольку загорались даже от взаимного трения в коробке и при трении о любую твёрдую поверхность, например, подошву сапога. Из-за белого фосфора они были ядовиты.

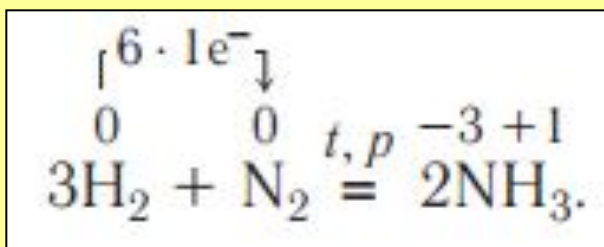
В 1855 году шведский химик Йохан Лундстрем нанёс красный фосфор на поверхность наждачной бумаги и заменил им же белый фосфор в составе головки спички. Такие спички уже не приносили вреда здоровью, легко зажигались о заранее подготовленную поверхность и практически не самовоспламенялись. Йохан Лундстрем патентует первую «шведскую спичку», дошедшую практически до наших дней. В 1855 году спички Лундстрема были удостоены медали на Всемирной выставке в Париже. Позднее фосфор был полностью выведен из состава головок спичек и оставался только в составе намазки (тёрки).

С развитием производства «шведских» спичек, производство спичек с использованием белого фосфора было запрещено почти во всех странах.

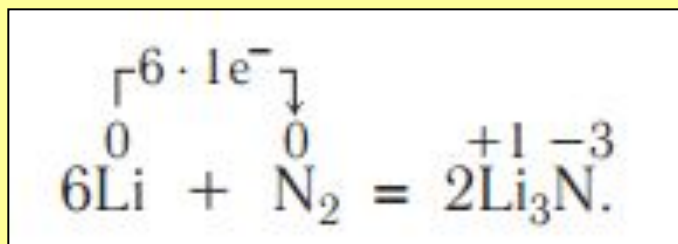
Состав головки спички			Состав «тёрки»		
бертолетова соль	$KClO_3$	46,5 %	антимонит	$Sb_2S_3$	41,8 %
стекло молотое	$SiO_2$	17,2 %	<b>фосфор</b> (красный)	P	30,8 %
свинцовый сурик	$Pb_3O_4$	15,3 %	железный сурик	$Fe_2O_3$	12,8 %
костный клей	—	11,5 %	костный клей	—	6,7 %
<b>сера</b>	S	4,2 %	стекло молотое	$SiO_2$	3,8 %
белила цинковые	ZnO	3,8 %	мел	$CaCO_3$	2,6 %
дихромат калия	$K_2Cr_2O_7$	1,5 %	белила цинковые	ZnO	1,5 %

Простейшее вещество азот  $N_2$  химически малоактивно и, как правило, вступает в химические реакции только при высоких температурах.

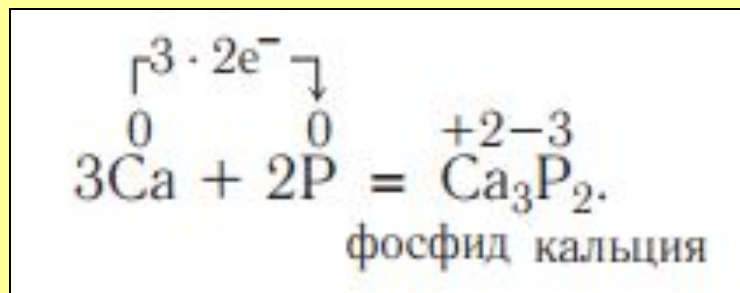
**Окислительные свойства азота** проявляются в реакции с водородом и активными металлами. Так, водород с азотом соединяется в присутствии катализатора при высокой температуре и большом давлении, образуя аммиак:



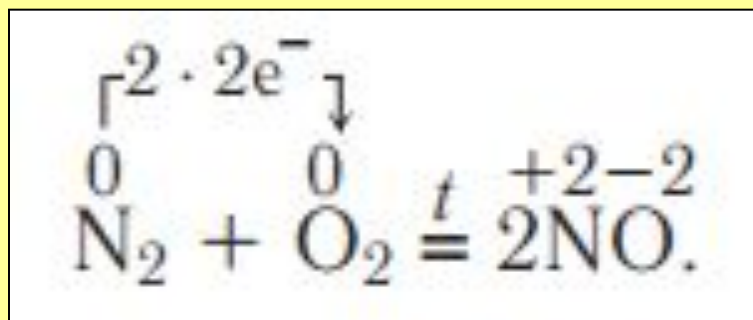
Из металлов при обычных условиях азот реагирует только с литием, образуя нитрид лития:



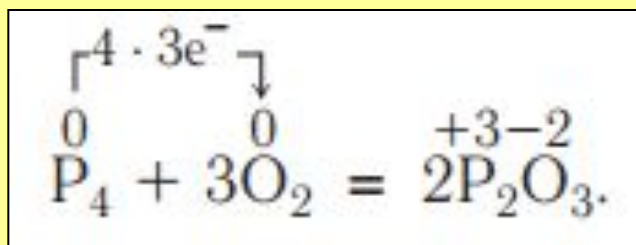
**Окислительные свойства фосфора** проявляются при его взаимодействии с наиболее активными металлами:



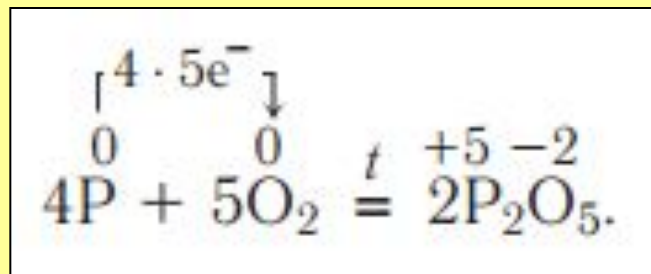
**Восстановительные свойства азота и фосфора** проявляются при их взаимодействии с кислородом. Так, азот реагирует с кислородом при температуре около  $3000^\circ\text{C}$ , образуя оксид азота (II):



Фосфор также окисляется кислородом, проявляя при этом восстановительные свойства. Но у разных модификаций фосфора химическая активность различна. Например, белый фосфор легко окисляется на воздухе при комнатной температуре с образованием оксида фосфора(III):



Окисление белого фосфора сопровождается свечением. Белый и красный фосфор загораются при поджигании и горят ослепительно ярким пламенем с образованием белого дыма оксида фосфора(IV):





# Горение белого фосфора



Наиболее активен химически, токсичен и горюч белый фосфор.

Потому он очень часто применяется в зажигательных бомбах.  
К сожалению, фосфорные боеприпасы применяются и в XXI веке!



- во время осады Сараево фосфорные снаряды применялись артиллерией боснийских сербов. В 1992 году такими снарядами было сожжено здание Института востоковедения, в результате чего погибло множество исторических документов.

- в 2003-2004 годах применялись британскими спецслужбами в окрестностях Басры в Ираке.

- в 2004 году применялись США против партизанского подполья в Ираке в сражении за Фаллуджу.

-летом 2006 года, в ходе Второй Ливанской войны артиллерийские снаряды с белым фосфором применяла израильская армия.

- в 2009 году в ходе операции «Литой свинец» в секторе Газа израильская армия применяла боеприпасы, содержащие белый фосфор, допускаемые международным законодательством.

- с 2009 палестинские террористы заряжали свои ракеты белым фосфором.



Появление блуждающих огней на старых кладбищах и болотах вызвано воспламенением на воздухе **фосфина  $\text{PH}_3$**  и других соединений, содержащих фосфор. На воздухе продукты соединения фосфора с водородом самовоспламеняются с образованием светящегося пламени и капелек фосфорной кислоты – продукта взаимодействия оксида фосфора (V) с водой. Эти капельки создают размытый контур «привидения».



# Применение простых веществ

Основная область применения азота – производство аммиака. Азот применяют также для создания инертной среды при сушке взрывчатых веществ, при хранении ценных произведений живописи и рукописей. Кроме того, азотом наполняют электрические лампы накаливания.



Производство  
аммиака



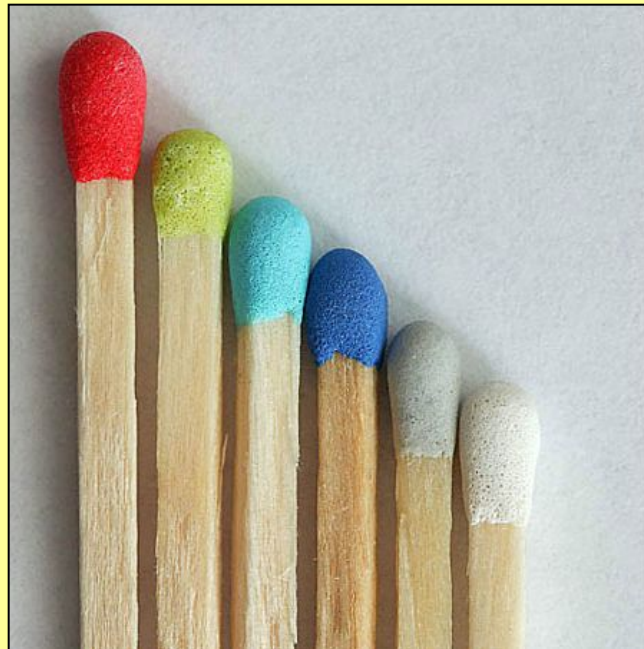
Большинство современных ламп наполняются химически инертными газами. Смеси азота  $N_2$  с аргоном  $Ar$  являются наиболее распространёнными в силу малой себестоимости.

**Красный фосфор** используют для производства спичек, фосфорной кислоты, которая, в свою очередь, идет на производство фосфорных удобрений и кормовых добавок для животноводства. Кроме того, фосфор применяют для производства ядохимикатов.



Домашнее задание:

Параграф §49.



# Список используемых источников

- <http://ru.wikipedia.org/wiki/Азот>
- <http://ru.wikipedia.org/wiki/Фосфор>
- <http://distant-lessons.ru/ximiya/podgruppa-azota>
- <http://www.vredno.com.ua/2011/10/05/>
- <http://21region.org/sections/book/41869-istoriya-spichek.html>
- [http://x-ufo.ru/2008/08/19/fotografii\\_pjejjnobektov\\_s\\_kladbishha.html](http://x-ufo.ru/2008/08/19/fotografii_pjejjnobektov_s_kladbishha.html)
- [http://www.varson.ru/images/Himia\\_jpeg\\_big/7-04.jpg](http://www.varson.ru/images/Himia_jpeg_big/7-04.jpg)
- <http://lols.ru/2010/11/09/>