

Бор и подгруппа алюминия (Al, Ga, In, Tl)

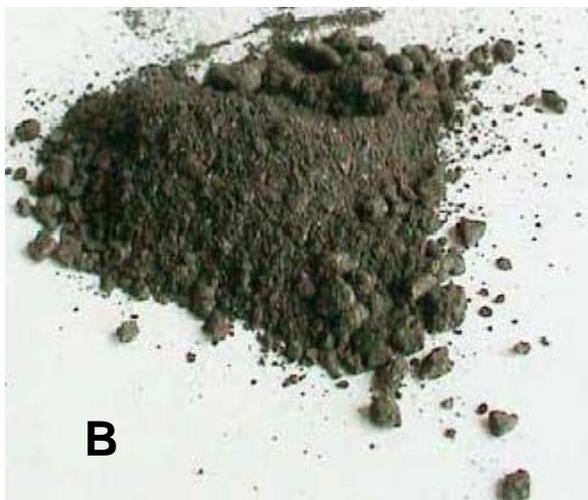
Лекция №13 курса

«Общая и неорганическая химия»
для биоинженеров и биофизиков

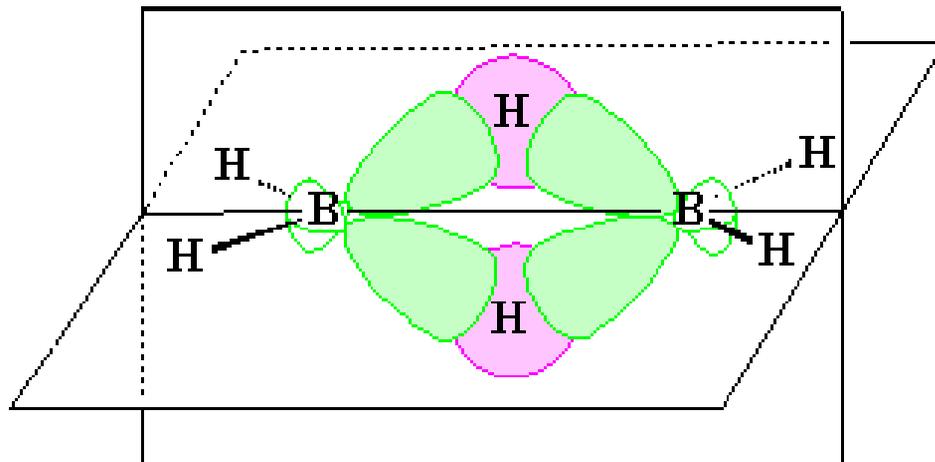
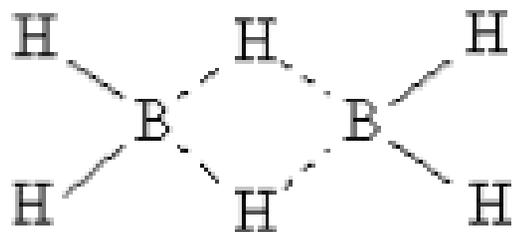
Бор и подгруппа алюминия

Свойства простых веществ

	B	Al	Ga	In	Tl
Температура плавления, °C	2300	660	30	156	303
Температура кипения, °C	2550	2467	2227	2047	1457
Радиус атома, пм (10^{-12} м)	88	143	122	163	170
Радиус иона Э^{3+} , пм	23	57	62	92	105



Бораны. Диборан

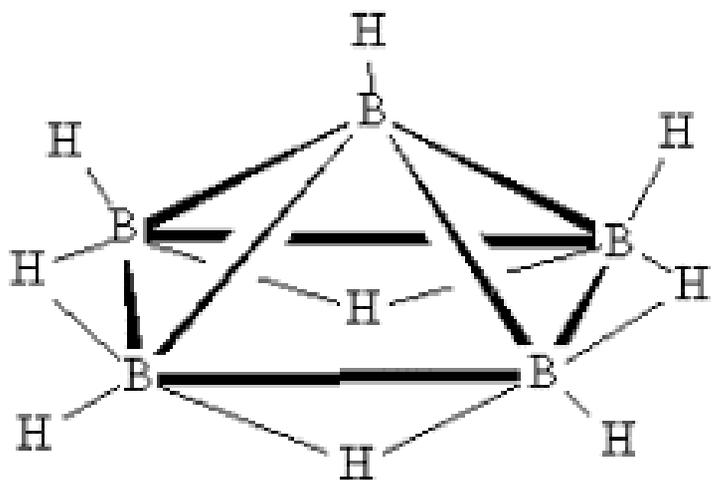


Теплоты сгорания:

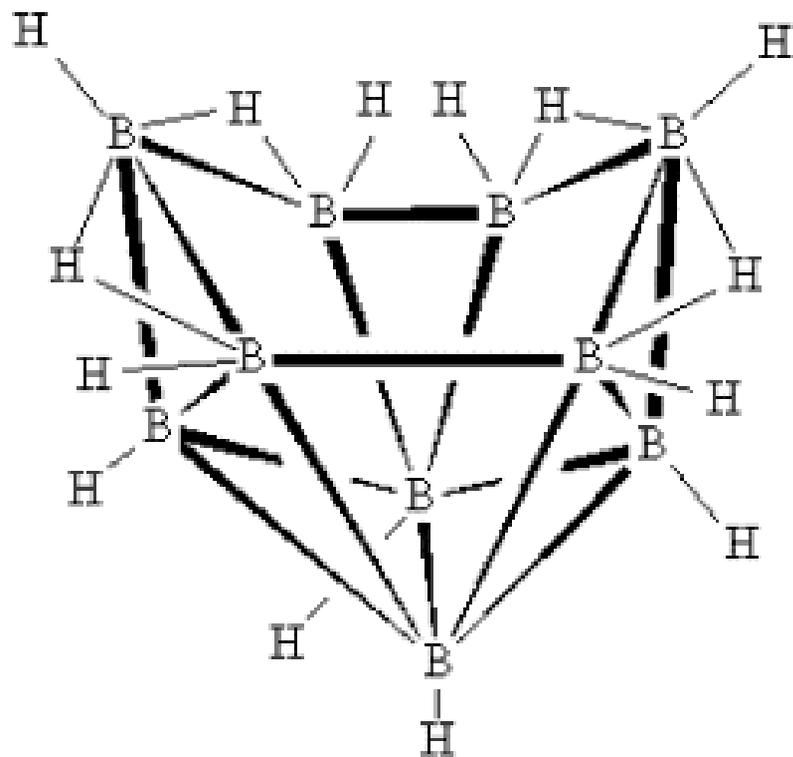
у B_2H_6 выделяется 2025 кДж/моль,

а у C_2H_6 – всего лишь 1425 кДж/моль)

Бораны. Пентаборан и декаборан



пентаборан B_5H_9



декаборан $B_{10}H_{14}$

Левицкий М.М., Леменовский Д.А. Выдающиеся соединения органической химии.

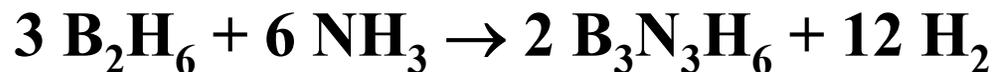
Карборан Интернет: http://www.1september.ru/ru/him/99/no44_1.htm

Соединения бора и азота, изоэлектронные углеводородам

Углеводород	Боразотное соединение
$\text{CH}_3\text{-CH}_3$	$\text{BH}_3\text{-NH}_3$
$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	$\text{BH}_2=\text{NH}_2$
$\text{CH}\equiv\text{CH}$	$\text{BH}\equiv\text{NH}$
C_6H_6	$\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_6$

Получение боразола $\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_6$

(температура плавления -56° , кипения $+55^\circ\text{C}$) :



Боразон **BN** («эльбор») сохраняет свою твердость при температуре до 2000°C (алмаз на воздухе сгорает при 800°C).

Бораты

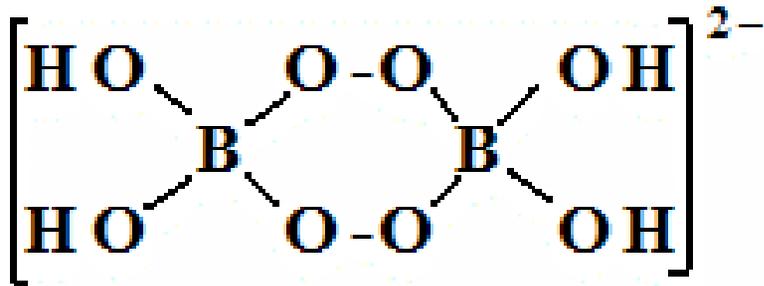
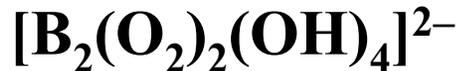
Борная кислота ($K_1 = 6 \cdot 10^{-10}$):



Бура

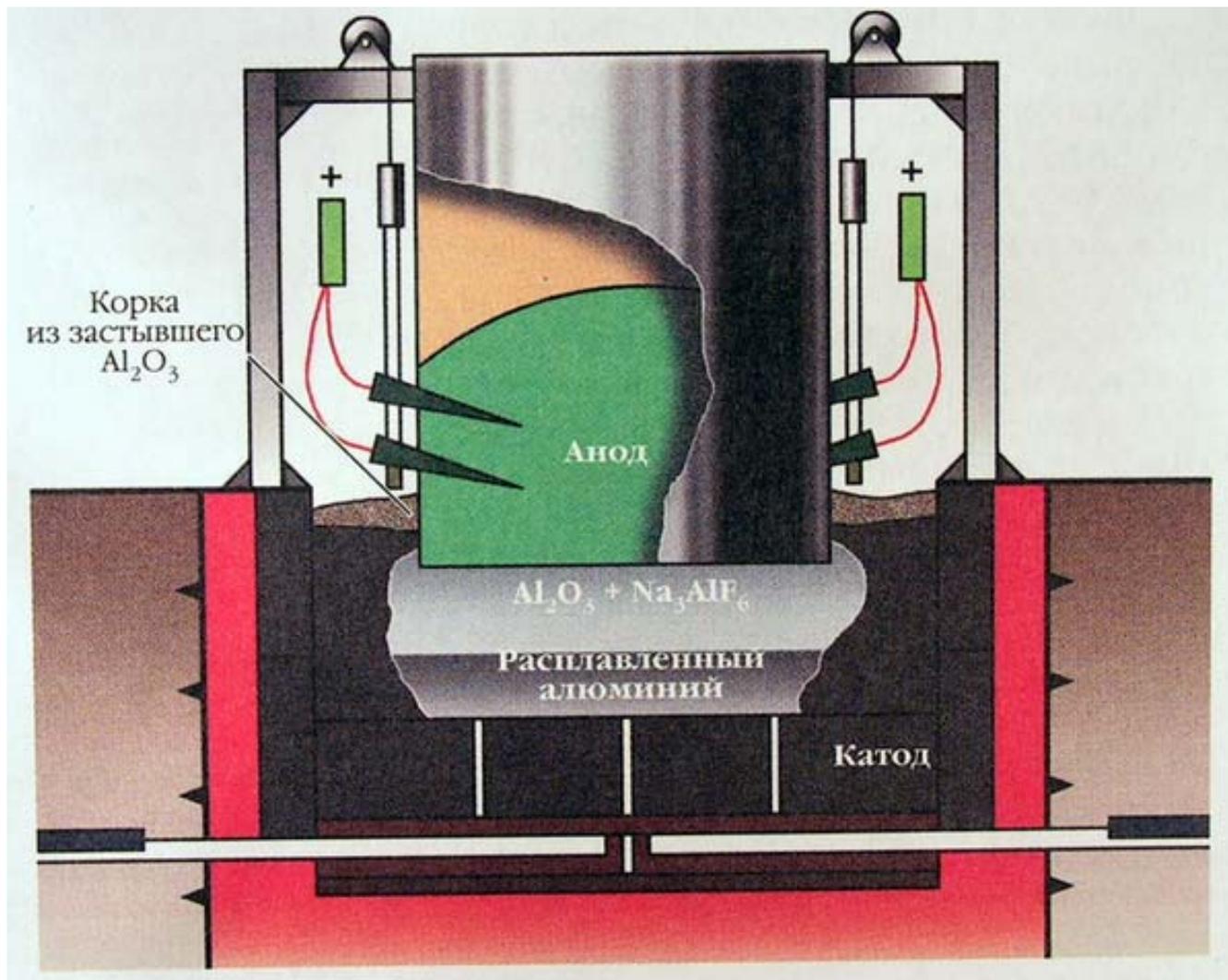


Пероксоборат $\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



Производство алюминия (1). Электролизер

(рисунок.: Энциклопедия Аванта+, т. 17. Химия)



Электролиз раствора Al_2O_3 (2-8%) в криолите Na_3AlF_6

Производство алюминия (2). Параметры и экология

Сила тока в одном электролизере	60000 – 200000 А
Среднее напряжение электролиза	4,45 – 4,70 В
Температура расплава	945 ⁰ – 970 ⁰ С
Суточная производительность одного электролизера	0,42 – 1,7 т
Расход электроэнергии на 1 т алюминия	15100 – 17300 кВт*ч
Расход глинозема на Al ₂ O ₃ 1 т алюминия	1,92 – 1,94 т
Расход угольных анодов на 1 т алюминия	520 – 620 кг
Расход (выброс) фторидов в пересчете на фтор	15 – 35 кг
Выброс углекислого газа на 1 т алюминия	1,9 – 2,3 т
Превышение ПДК по фторидам вблизи производства	3 – 100 раз

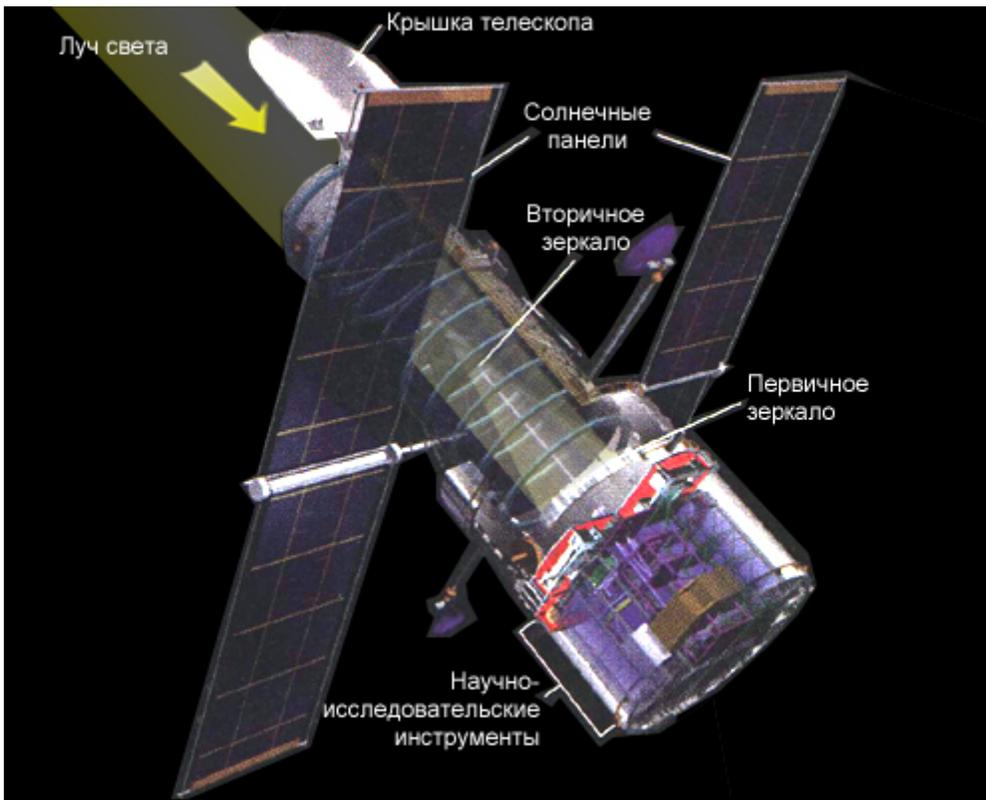
В 1991 году было проведено исследование жительниц пос. Надвоицы – рядом с алюминиевым заводом в Карелии. Заключение медиков: у женщин поселка число самопроизвольных выкидышей в **2,8 раза**, мёртворождений — в **3,8**, врождённых уродств — в **16,8**, нефропатии — в **2,8**, анемии беременных — в **2**, и гипоксии плода — в **9 раз** выше, чем в небольшом карельском городе Кемь, выбранным в качестве контрольного.

<http://www.bellona.no/ru/international/ecopravo/35772.html>

Металлический алюминий. Зеркала



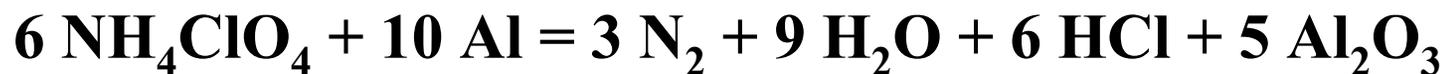
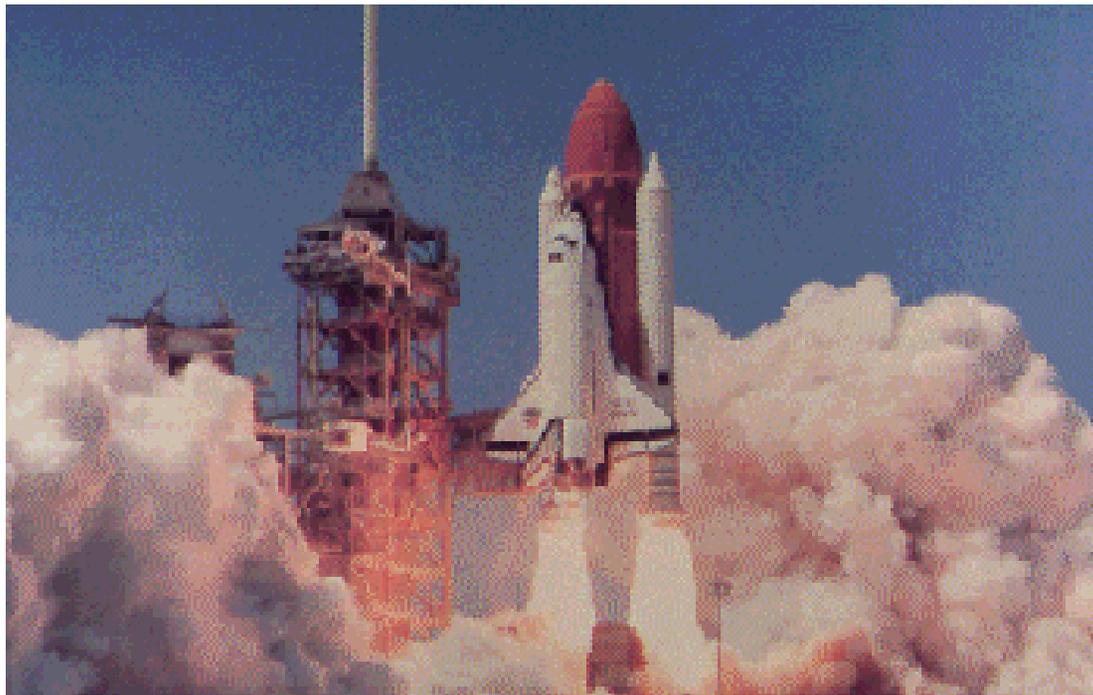
Орбитальный телескоп-рефлектор “Хаббл” массой более 12 т использует стеклянное зеркало диаметром 2,4 м, покрытое слоем Al толщиной 70 нм, с защитным слоем MgF_2 толщиной 25 нм



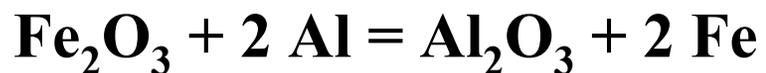
Открытая астрономия 2.5



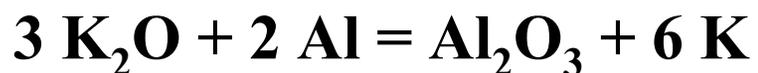
Металлический алюминий. Ракетное топливо и алюмотермия



Алюмотермия:



$$\Delta H = - 854 \text{ кДж}$$



$$\Delta H = -590 \text{ кДж}$$

Изделия из алюминиевых сплавов. Стратегический бомбардировщик ТУ-160



Максимальная взлетная масса	275000 кг.
Максимальная масса боевой нагрузки	До 40000 кг.
Максимальная скорость полета	2200 км/ч
Потолок	18000 м.
Дальность полета	12300 км.

58% конструкции самолета выполнено из алюминиевых сплавов,
38% — из титановых, **15%** — из высококачественных стальных сплавов
и **3%** — из композиционных материалов

Изделия из алюминиевых сплавов

M551 Sheridan

http://www.armsgallery.com.ru/usa_m551.htm

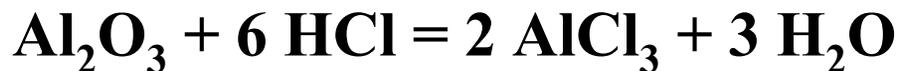


ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ танка ШЕРИДАН

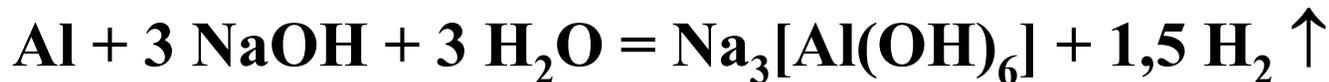
Боевая масса, т, экипаж	15,8; танк плавающий, 4 человека
Размеры, м	Высота — 2270 мм по крыше башни; 2950 мм полная
Основное вооружение	152-мм орудие M81, пулеметы 12,7 и 7,62
Боекомплект	10 ракет "Шиллела" и 20 артвыстрелов
Максимальная скорость	70 км/ч; 5,8 км/ч (на плаву)
Запас хода / двигатель	600 км / 220 кВт
Броневая защита	противопульная

Реакция металлического алюминия с кислотой или щелочью

Растворение защитной пленки:



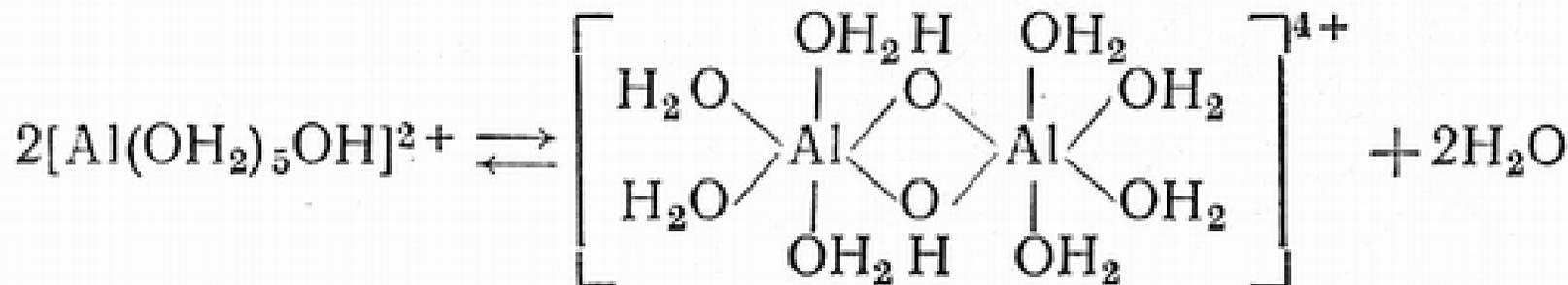
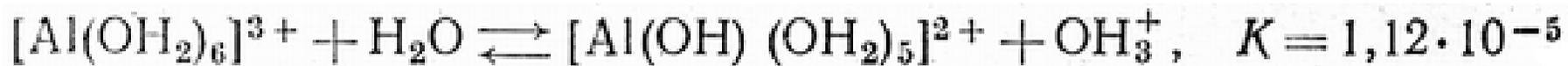
Далее алюминий реагирует с кислотой и щелочью как амфотерный металл и с водой ($E_0 -1,66 \text{ В}$):



Хлорид алюминия:



Гидролиз солей алюминия



Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. – М., 1988

рН осаждения гидроксида алюминия из водного раствора	
3,3	Начало осаждения из 1 М раствора
4,0	Начало осаждения из 0,01 М раствора
5,2	Практически полное осаждение (концентрация < 10 ⁻⁵ М)
7,8	Начало растворения осадка
10,8	Полное растворение осадка

Расчет pH 0,1 М раствора хлорида алюминия

Уравнение гидролиза AlCl_3 (1 степень):



В ионном виде:



$$K_{\text{Al(III)}} = 1,4 * 10^{-9} = \frac{[\text{Al}^{3+}][\text{OH}^-]}{[\text{Al}(\text{OH})^{2+}]}$$

$$K_{\text{гидр(I)}} = \frac{[\text{Al}(\text{OH})^{2+}][\text{H}^+]}{[\text{Al}^{3+}]} = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{AlCl}_3]}$$

Расчет рН 0,1 М раствора хлорида алюминия (2)

$$K_{\text{гидр(I)}} = \frac{[\text{Al}(\text{OH})^{2+}][\text{H}^+]}{[\text{Al}^{3+}]}$$

Умножаем и делим $K_{\text{гидр(I)}}$ на $[\text{OH}^-]$

$$K_{\text{гидр(I)}} = \frac{[\text{Al}(\text{OH})^{2+}][\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{Al}^{3+}][\text{OH}^-]}$$

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_w \quad \frac{[\text{Al}(\text{OH})^{2+}]}{[\text{Al}^{3+}][\text{OH}^-]} = \frac{1}{K_{\text{Al(III)}}$$

$$K_{\text{гидр(I)}} = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{AlCl}_3]} = \frac{K_w}{K_{\text{Al(III)}}$$

Расчет pH 0,1 М раствора хлорида алюминия (3)

$$K_{\text{гидр(I)}} = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{AlCl}_3]} = \frac{K_w}{K_{\text{Al(III)}}}$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_w}{K_{\text{Al(III)}}} [\text{AlCl}_3]} = \sqrt{\frac{10^{-14}}{1,4 * 10^{-9}} * 0,1} =$$

$$= \sqrt{0,7 * 10^{-6}} = 0,85 * 10^{-3} \approx 10^{-3}$$

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+] = 3$$

Открытие галлия

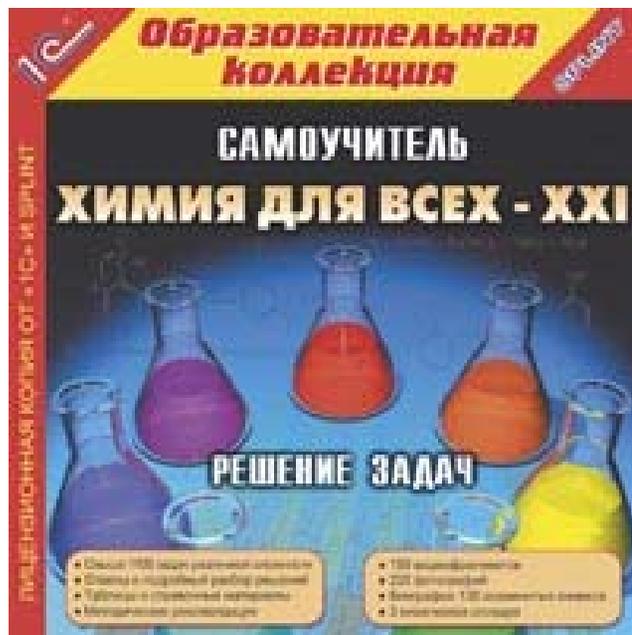
	Экаалюминий	Галлий
	Д.И.Менделеев, 1869	Л.де Буабодран, 1875
Атомный вес	около 68	69,7
Удельный вес	около 6	5,9
Температура плавления	ниже 100 ⁰ С	29,7 ⁰ С
Атомный объем	11,5	11,8
Соединения	ЕаСl ₃ , Еа ₂ О ₃ ...	GaCl ₃ , Ga ₂ O ₃ ...

Токсические свойства металлов IIIA группы			
	Al	In	TlBr**
Температура кипения, °С	2348	2000	815
ПДК (8 часов в сутки), мг/м ³	2	0,1	0,01
Смертельно, мг/м ³	>50*		35 мг/кг

*У рабочих с повышенной чувствительностью при производстве пиротехнической алюминиевой пудры в течение года.

** Другие соединения таллия имеют близкие физиологические свойства.

**В лекции использованы иллюстрации
из эл. учебника «1С Химия для всех – XXI»**



Реакция алюминия с кислотой и щелочью Al-OH-H-t 1 : 41







BB3-06

