

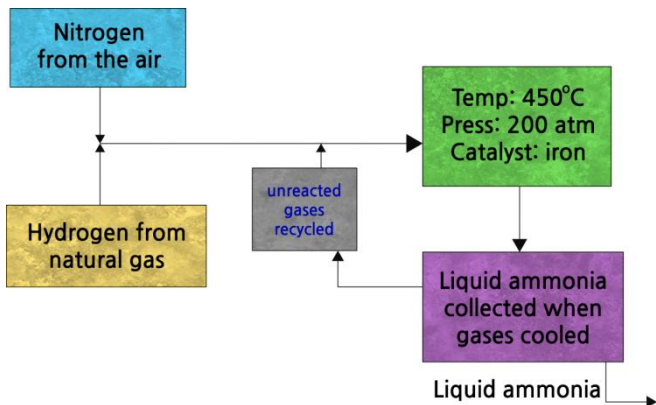


우주와 생명 제 13강
암모니아 합성

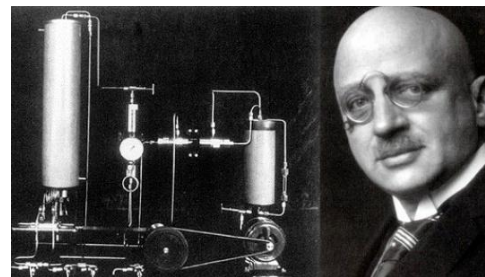
SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

노벨 화학상 수상 강연 (1918)

원소로부터의 암모니아 합성 The Synthesis of Ammonia from Its Elements



하버
Fritz Haber



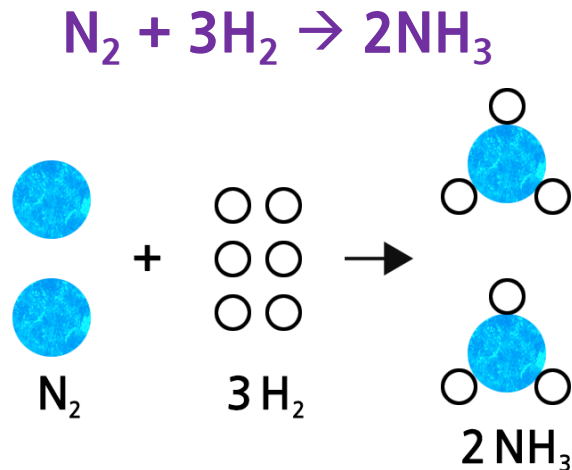
<출처>

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1e/Fritz_Haber.png

13-1 암모니아 합성 반응(Synthetic Reaction of Ammonia)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

우리가 다루는 것은
가장 간단한 화학
현상에 속한다.



We are concerned with a
chemical phenomenon
of the simplest possible
kind.

13-1 암모니아 합성 반응(Synthetic Reaction of Ammonia)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

여기 관련된 세 가지 물질은 100년 이상 화학자들에게 알려졌다.

The three substances involved have been well known to the chemist for over a hundred years.



H. Cavendish

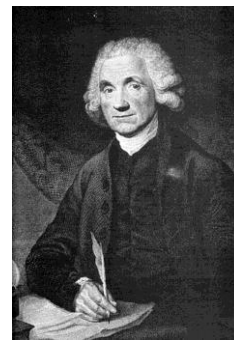
캐번디시
1766년 수소 발견

<출처>
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/64/Cavendish_Henry_signature.jpg



러더포드
1772년 질소 발견

<출처>
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fb/Daniel_Rutherford.jpeg



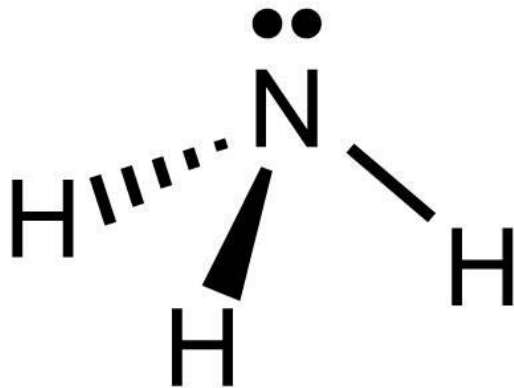
프리스틀리
1774년 암모니아 분리

<출처>
<http://www.general-anaesthesia.com/images/joseph-priestley.jpg>

13-2 암모니아의 수요(Demand for Ammonia)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

원소로부터 암모니아를
합성하는 것이 대규모로
이루어진다면 유용한,
아마도 현재로서는
중요한 국가 경제적
요구를 만족시키는 가장
유용한 방법이 될
것이다.



The synthesis of ammonia from its elements, if carried out on a large scale, would be a useful, at present perhaps the most useful, way of satisfying important national economic needs.

13-2 암모니아의 수요(Demand for Ammonia)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

산업화가 이루어진 나라에서는 밀집된 인구 때문에 국내의 농업 생산성을 향상시킬 필요가 있는데, 산업이 확대되면서 여러 가지 화학 공정에 고정된 질소가 필요하기 때문에 보다 많은 고정된 질소가 요구된다.

The need for bound nitrogen is increased by national economic considerations, which, with the denser population of industrialized countries, call for increased agricultural productivity at home, and it is yet further increased by the fact that expanding industry requires fixed nitrogen for many of its own chemical processes.



<출처>

<http://i.huffpost.com/gen/306576/images/r-TEXAS-REFINERY-large570.jpg>

13-2 암모니아의 수요(Demand for Ammonia)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

지난 세기 중반부터
우리는 자연이 칠레의
고산 지대 사막에
심어놓은 초석을 질소의
공급원으로 사용해왔다.



<출처>
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3d/Manganese\(II\)_sulfate_close-up.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3d/Manganese(II)_sulfate_close-up.jpg)



<출처>
<https://s-media-cache-pinimg.com/236x/3a/3d/94/3a3d946b4538c2509b0381c262bd0f9b.jpg>

Since the middle of the last century we have been drawing upon the supply of saltpeter nitrogen which Nature had deposited in the high-mountain deserts of Chile.

13-2 암모니아의 수요(Demand for Ammonia)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

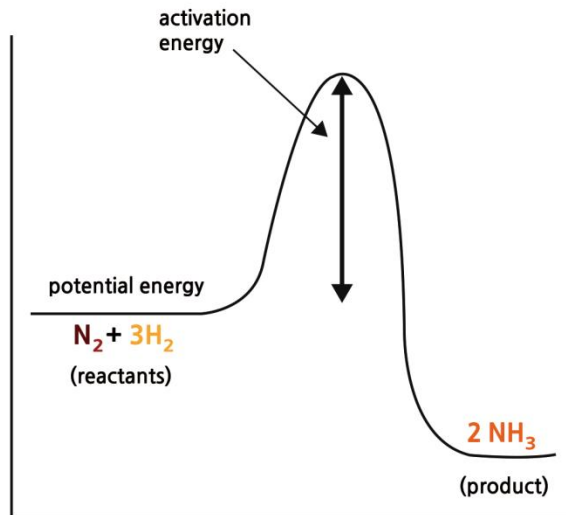
급격히 증가하는 수요와 계산된
매장량을 비교해 볼 때 화학이
돌파구를 찾지 못한다면 금세기
중반 즈음에는 엄청난 위기를 피할
수 없을 것이 분명해졌다.

By comparing the fast-rising requirements with the calculated extent of these deposits it became clear that towards the middle of the present century a major emergency would be unavoidable, unless chemistry found a way out.

13-3 반응의 평형 (Chemical Equilibrium)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

내가 1904년에 이
주제에 매달릴 때는
(질소, 수소의 원소가)
자발적으로 (암모니아로)
결합하는 것은 알려지지
않았다.



The spontaneous association of the elements was unknown when, in 1904, I began to occupy myself with the subject.

13-3 반응의 평형 (Chemical Equilibrium)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

암모니아 생성이 발열반응이라는 것은 전기적 에너지의 도움 없이도 합성이 가능할 수 있다는 것을 뜻했다.

The positive heat of formation of ammonia indicated that such a synthesis might be achieved without the assistance of electrical energy.

13-3 반응의 평형(Chemical Equilibrium)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

램지와 영은 1884년에 800oC 부근에서 암모니아 기체의 분해를 연구했는데 항상 약간의 암모니아가 분해되지 않고 남아있는 것을 관찰하고는 이 미량의 암모니아를 그 온도에서 철을 사용해서 원소들로부터 만들려고 많은 노력을 기울였다. 그러나 순수한 기체로는 실험이 실패로 돌아갔다.

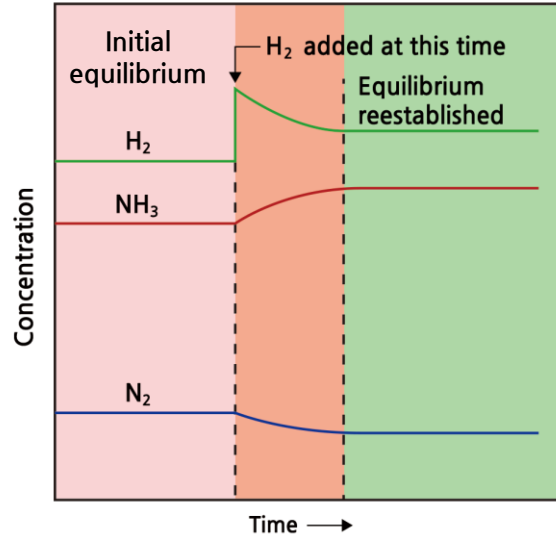


Ramsay and Young who, in 1884, during their study of the decomposition of the gas in the neighborhood of 800oC had consistently observed a trace of undecomposed ammonia, made great efforts to obtain this trace from the elements at this temperature using iron as a carrier. But with pure gases the experiment was unsuccessful.

13-3 반응의 평형 (Chemical Equilibrium)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

그래서 나는 일단
1000°C 주위에서
암모니아 평형의 대략적
위치를 결정하는 일을
시작했다.



I therefore began tentatively to determine the approximate position of the ammonia equilibrium in the vicinity of 1000°C.

13-3 반응의 평형 (Chemical Equilibrium)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

1000°C에서 반응 속도는 적절해서
소규모에서 제법 상당한 양의
암모니아를 지속적으로 생성할 수
있었다.

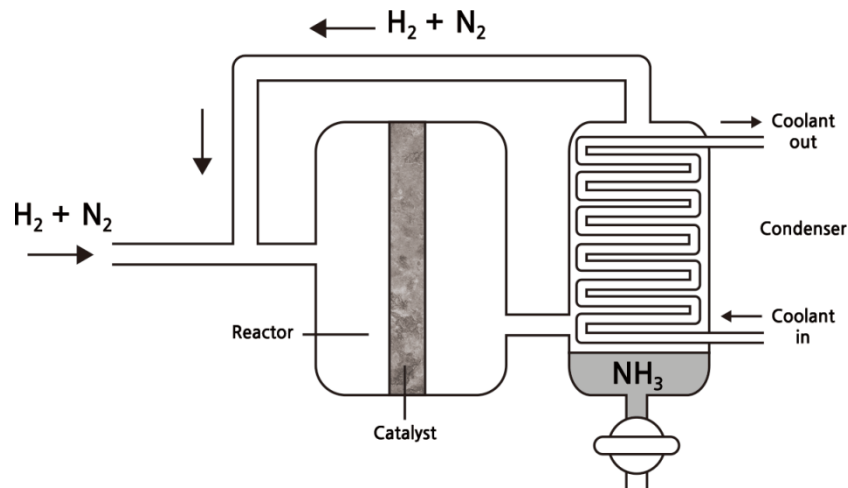
At 1000°C the rate of reaction was
adequate with a small amount to
produce continuously a
comparatively large quantity of
ammonia.

13-4 하버-보슈 공정(Haber-Bosch Process)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

순환 시스템을 사용하여 기체를 고온에서 촉매와 접촉하게 하고 상온에서 암모니아를 제거하는 식으로 해서 주어진 양의 기체를 단계적으로 암모니아로 바꿀 수 있었다.

By having a circulation system which alternately brought the gas at high temperature in contact with the metal and then washed out the ammonia at normal temperature, the conversion of a given mass of gas to ammonia could proceed stage by stage.



13-4 하버-보슈 공정(Haber-Bosch Process)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

그 때 깨달은 가장 중요한 점은 빨갛게 달은 온도 이상에서는 보통 압력에서 가장 이상적인 기체 비율을 사용해도 어떤 촉매도 미량 이상의 암모니아를 생성할 수 없고, 심지어 압력을 아주 높인다 해도 평형의 위치는 별로 개선이 되지 않는다는 것이었다.

The most important point realized at that time was that from the beginning of red heat onwards no catalyst will produce more than a trace of ammonia from the most favorable gas mixture at normal pressure, and that even at greatly increased pressure the point of equilibrium must continue very unfavorable.



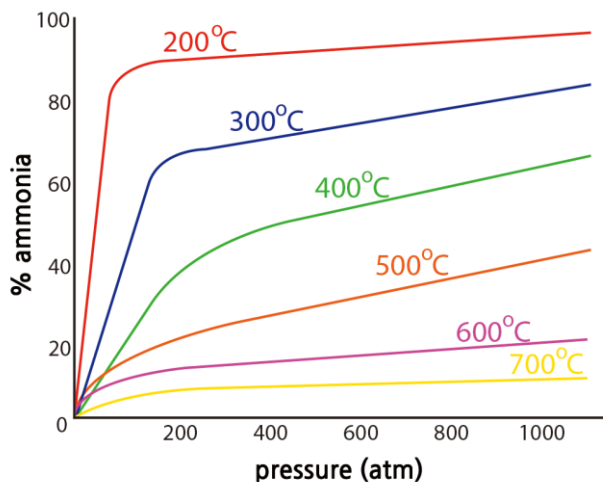
<출처>

<http://www.dracruz.com/Images/Physics/Thermodynamics/HeatTransfer/GlowingRedMetal.png>

13-4 하버-보슈 공정(Haber-Bosch Process)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

최대한 높은 압력을 사용하는 것이 유리할 것은 분명했다. 그것은 평형의 위치와 아울러 아마도 반응 속도도 개선할 것이다.



It was clear that a change to the use of maximum pressure would be advantageous. It would improve the point of equilibrium and probably the rate of reaction as well.

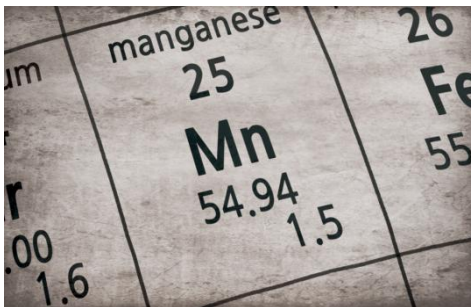
13-5 촉매(Catalyst)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

200 기압 정도에서 온도가 700°C 이상이면 촉매는 손쉽게 질소와 수소를 높은 속도로 결합시키는데, 이것은 특히 망간 그리고 그 다음으로는 철의 경우에 그랬다.



<출처>
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/86/Mangan_1-crop.jpg



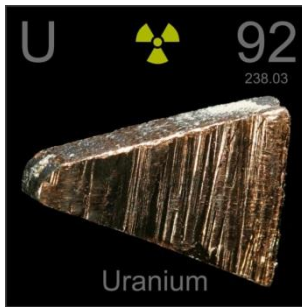
| | | |
|--|-----------|----|
| | manganese | 26 |
| | 25 | Fe |
| | Mn | 55 |
| | 54.94 | |
| | 1.5 | |

In the neighborhood of 200 atmospheres, the catalysts very easily provided a rapid combination of nitrogen and hydrogen at above 700°C ; this applied notably to manganese, followed by iron.

13-5 촉매(Catalyst)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

그러나 보다 인상적인
결과를 얻기 위해서는
500°C와 600°C
사이에서 빠른 반응을
일으키는 촉매를 찾아야
했다.



<출처>
[http://www.pe
riodictable.co
m/Samples/09
2.19/s9s.JPG](http://www.periodictable.com/Samples/092.19/s9s.JPG)



<출처>
[http://images.r
apgenius.com/
8a023cb66d5f
bfa03e6c3c8df
9251bca.300x
220x1.jpg](http://images.rapgenius.com/8a023cb66d5fbfa03e6c3c8df9251bca.300x220x1.jpg)

To achieve impressive results, however, we needed to discover catalysts which would induce rapid conversion at between 500°C and 600°C.

13-5 촉매(Catalyst)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

우리는 주기율표의 6, 7, 8족에서
더 좋은 촉매를 찾기로 했고,
우라늄과 오스뮴에서 원하는 촉매를
찾았다.

We hit upon the idea of searching the sixth, seventh and eighth groups in the Periodic System for metals which acted even more favorably; these we found in uranium and osmium.

13-5 촉매(Catalyst)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

질소고정박테리아를 보면 자연은 생명체의 복잡한 화학을 통해 우리가 아직 흉내 낼 줄 모르는 어떤 방법을 이해하고 활용하는 듯하다.



Nitrogen bacteria teach us that Nature, with her sophisticated forms of chemistry of living matter, still understands and utilizes methods which we do not as yet know how to imitate.

(우리가 그것을 이해하기까지) 그 동안에는 질소 비료를 통해 토양이 인류에게 풍부한 영양을 공급하고, 화학 산업이 토지에서 광물을 빵으로 바꾸기 위해 일하는 농부에게 조력한다는 사실에 만족하기로 하자.

Let it suffice that in the meantime improved nitrogen fertilization of the soil brings new nutritive riches to mankind and that the chemical industry comes to the aid of the farmer who, in the good earth, changes stones into bread.



<출처>

<http://quiropacticocadiz.es/wp-content/uploads/2014/03/Depositphotos-pesticides.jpg>

Review

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

Synthesis of ammonia by Haber

Solved the nitrogen problem in fertilizer.

But despite its huge success

It could not replace phosphorus,

Because to make DNA or ATP

The number of -OH groups has to be three.

