



Inverzní linie NH_3 - Maser Townese
a Gordona

Důležité objevy před vývojem maseru

Bohrova frekvenční podmínka - $hf = E_m - E_n$

Boltzmanova distribuce $\frac{g_1 N_2}{g_2 N_1} = e^{-\frac{E_2 - E_1}{kT}}$

,kde g_1 a g_2 jsou multiplicity energiových stavů E_1 a E_2

1916 - Einstein stimulovaná emise = třetí typ interakce po emisi a absorpci

1950 - Purcell a Pound dosáhly inverze populace v krystalu fluoridu lithného

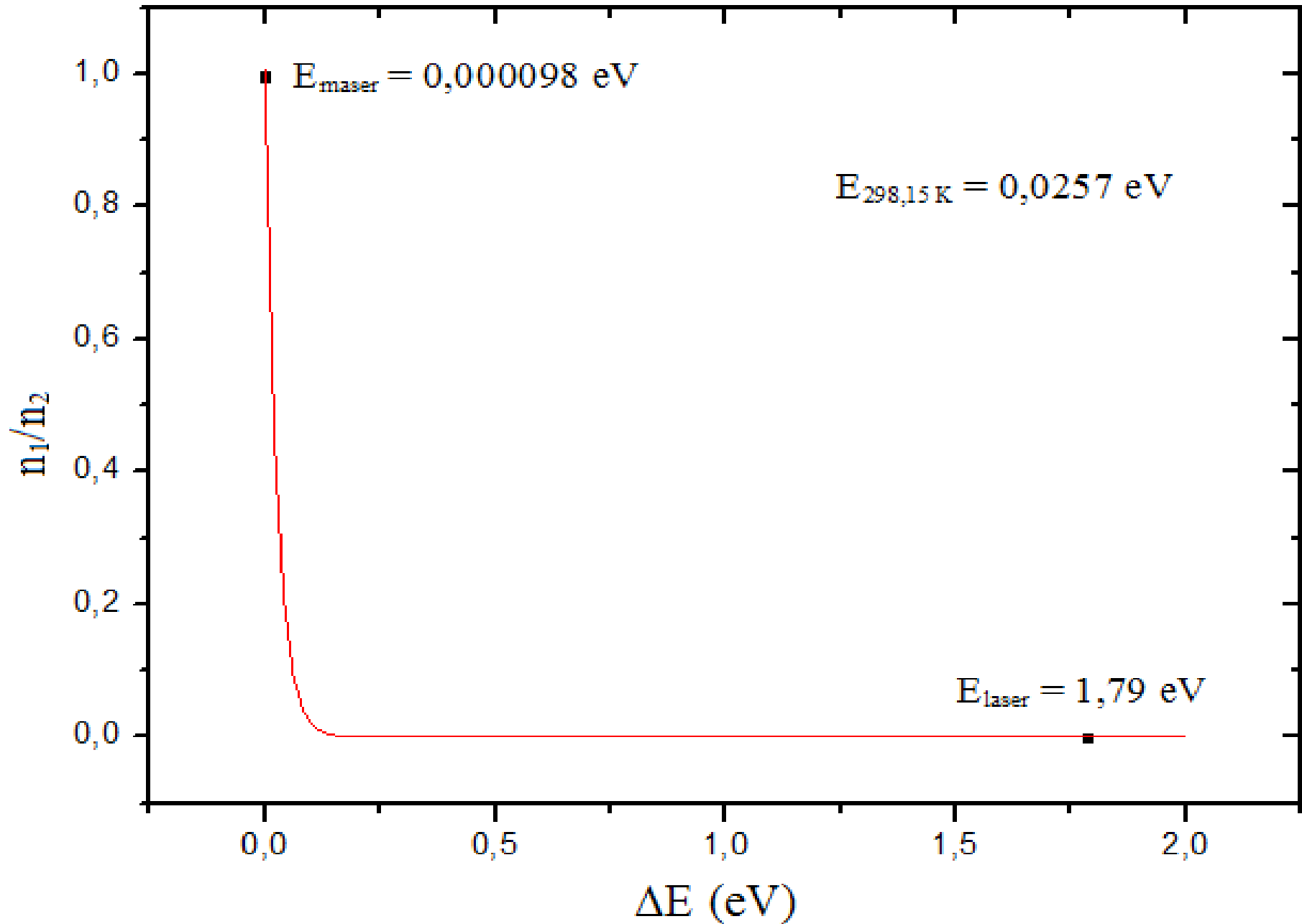
Proč byly masery vyvinuty před lasery?

- Vliv US Navy
- Boltzmanova distribuce poměru populace
- Závislost koeficientů spontánní a stimulované emise na frekvenci

Vliv US Navy

- Druhá světová válka - rozvoj mikrovlné technologie, ale ne v oblasti mm vlnových délek
- 1951 US Navy požádala Charles Townese o vývin nové technologie schopné generovat el. mag. záření o λ řádově mm pro vyspělé radary
- Záření by sice bylo blokováno kapkami vody a mělo by krátký dosah, poskytovalo by však více detailů o cíli

Boltzmanova distribuce



Koeficienty spontánní a stimulované emise

A_{21} - charakterizuje spontánní transpozici

B_{21} - charakterizuje stimulovanou transpozici

$A_{21} = \frac{8\pi hf^3}{c^3} B_{21}$ Pro mikrovlny bude sponntání koeficient menší než stimulovaný

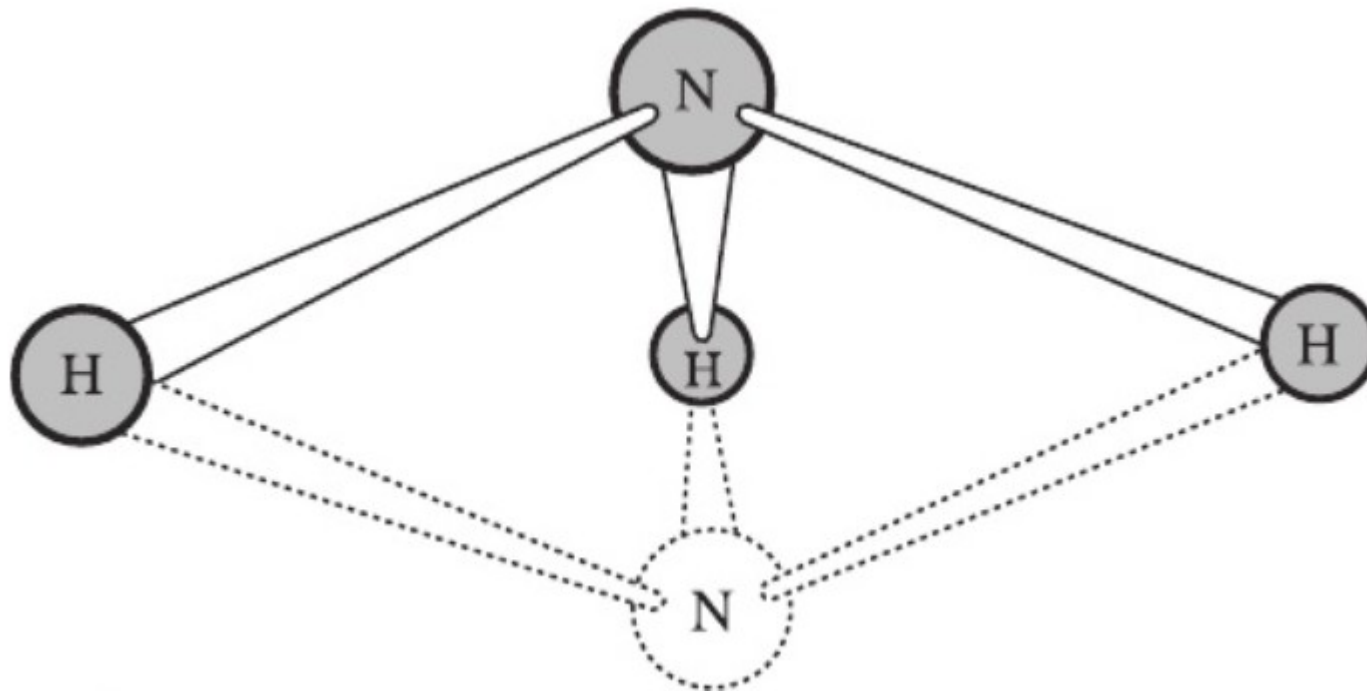
- není tedy potřeba metastabilního stavu, protože existující stavy již jsou samy dlouhotrvající

1954 - NH₃ maser

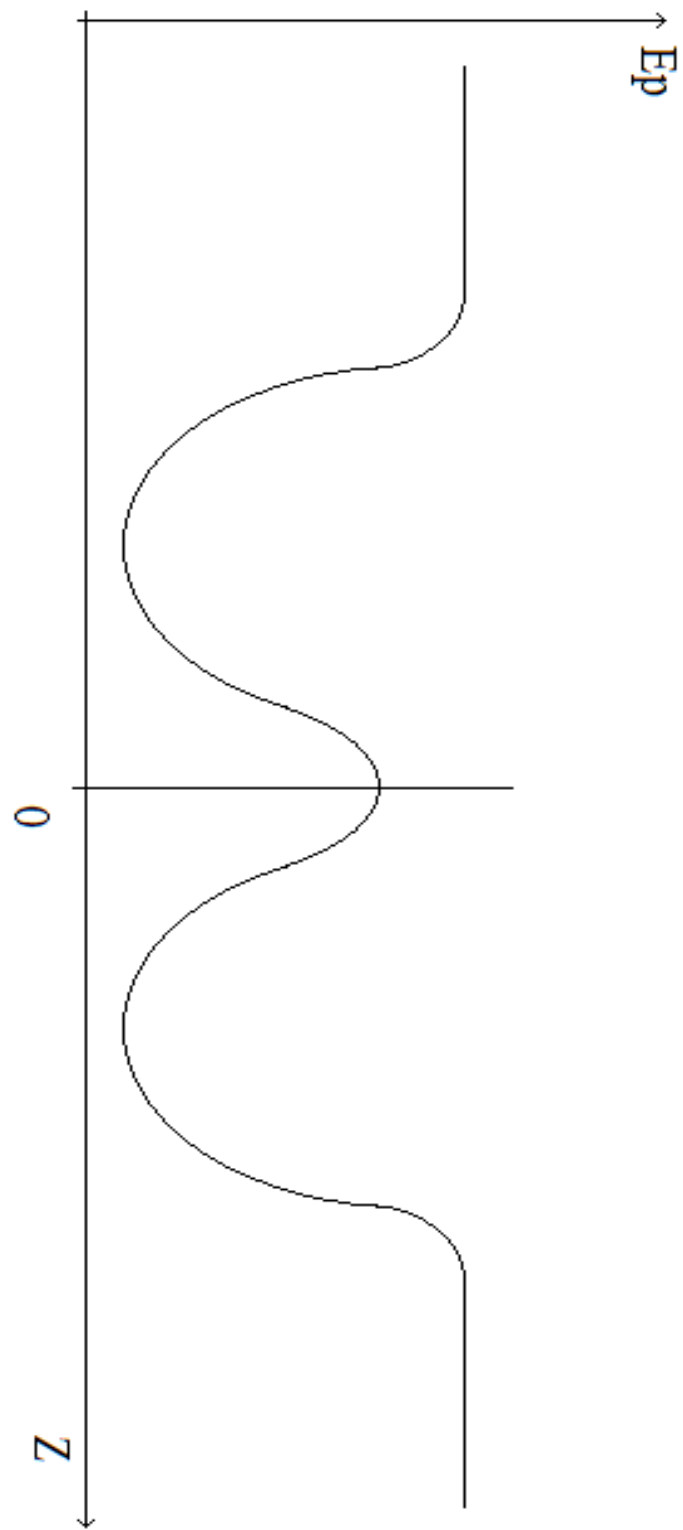
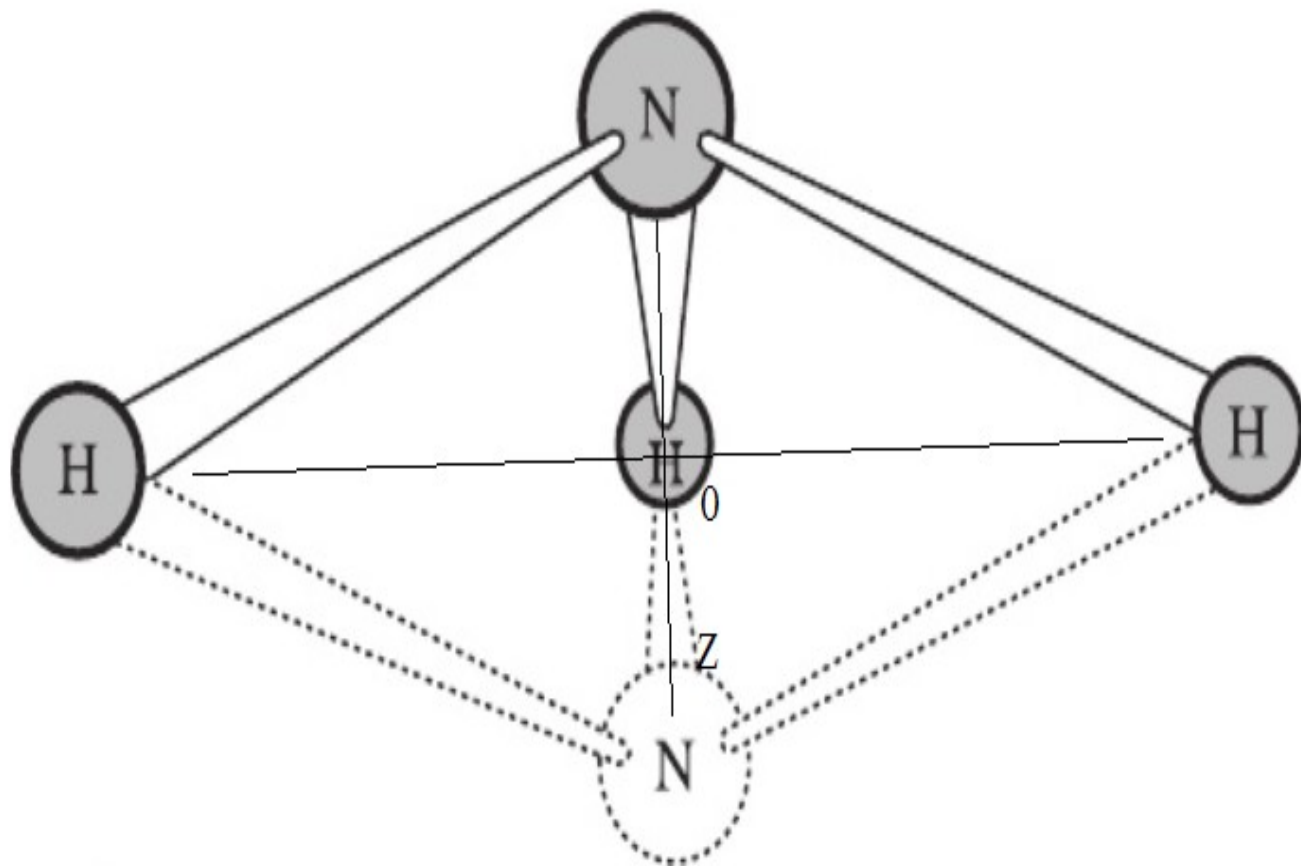
- Zdrojem záření změna konfigurace molekulových vazeb NH₃
- Skládal se ze zdroje NH₃, evakuovaného separátoru a rezonanční komory
- Produkováno záření mělo vlnovou délku 1,26 cm a frekvenci 23,87 GHz
- Kvůli fyzickému oddělení excitovaných molekul jeho činnost skončila po emisi - nebyl schopen kontinuálního provozu

Molekula NH_3

- Tetrahedrická molekula
- Má dipólový moment
- Díky určité úhlové rychlosti je gyroskopicky stabilní



V excitovaném stavu bude N tunelovat



Separátor

- Metr dlouhá evakuovaná trubice
- Rozděluje tok NH_3 pomocí nehomogenního elektrického pole

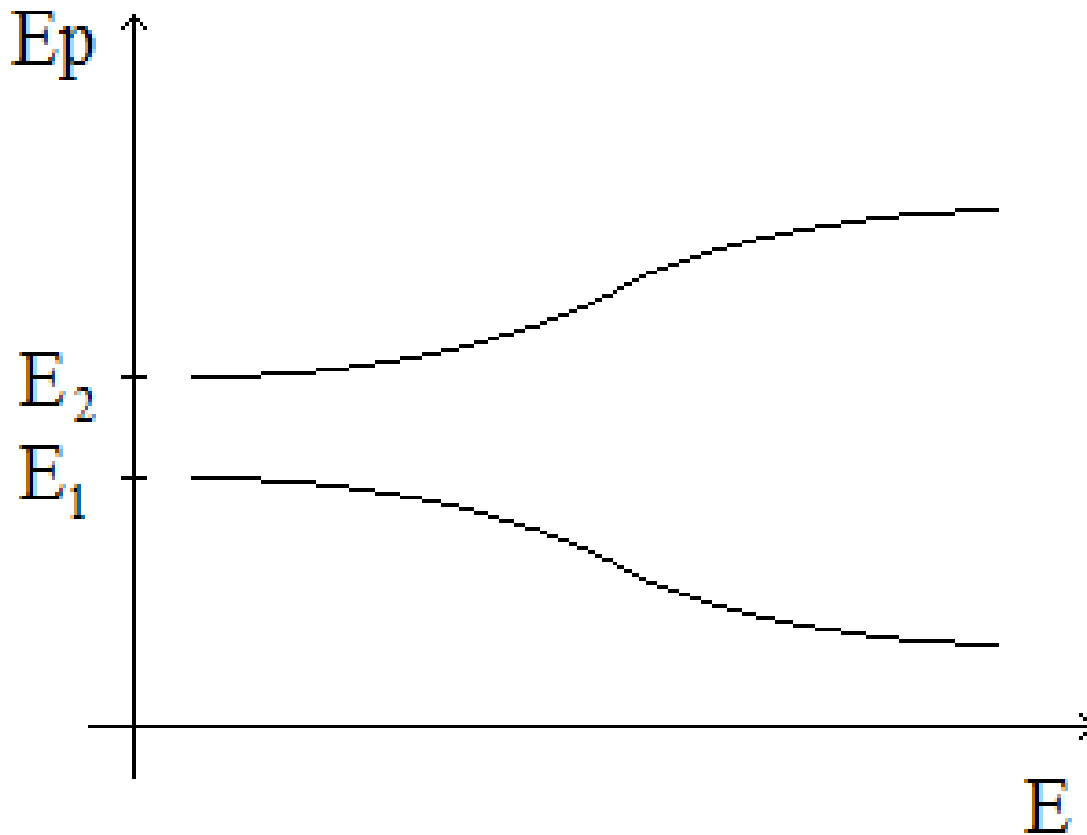
Polarizability stavů:

$$\alpha_1 = \frac{2q^2|x_{12}|^2}{E_2 - E_1} \text{ - indukovaný dipól paralelní s el. polem}$$
$$\alpha_2 = \frac{2q^2|x_{12}|^2}{E_1 - E_2} \text{ - indukovaný dipól antiparalelní s el. polem}$$

- Elektrické pole musí být tak slabé, aby polarizační energie byla mnohem menší než $E_2 - E_1$

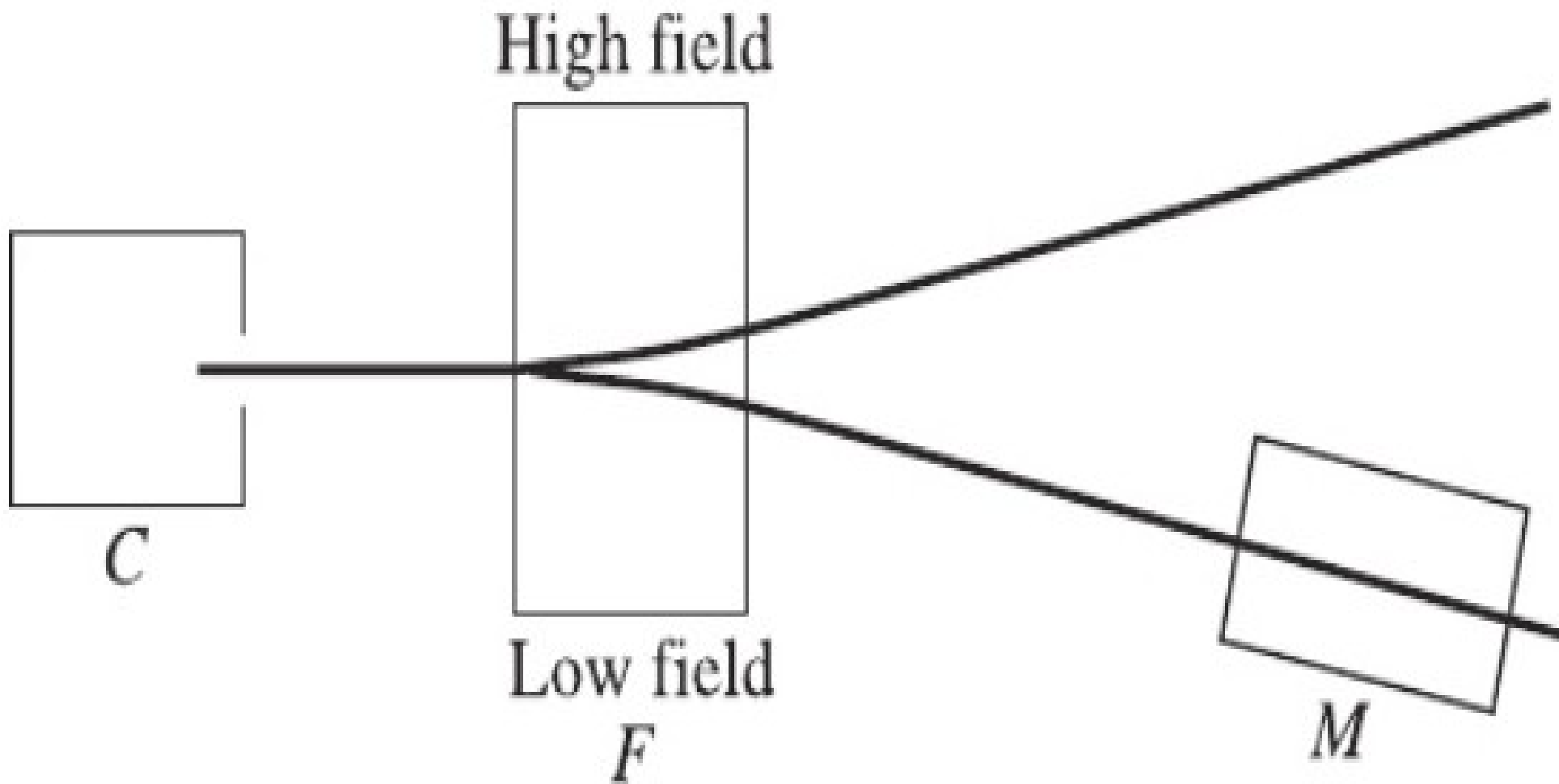
Chování NH_3 v elektrickém poli

- Energie základního stavu bude klesat, energie excitovaného stavu stoupat



- excitovaný stav, posun do slabší oblasti pole

- základní stav, posun do silnější oblasti pole



Rezonanční komora

- Dovolovala el. mag. záření o určité vlnové délce rezonovat - odrážet se od jednoho konce k druhému a vyvolávat tím další stimulované emise
- Bylo použita nejsilnější inverzní vibrační spektrum NH_3 - 23,87 GHz
- Později průletová rezonanční komora, při níž byl již maser schopen kontinuálního provozu

Průletová rezonanční komora

- Výkon 10^{-10} W
- Doba průletu $100 \mu\text{s}$, což je taky užitečný čas života částice v excitovaném stavu
- Využit jako první atomové hodiny

Podle principu neurčitosti: $\langle \Delta f^2 \rangle^{1/2} / f_0 = (kT / P\tau)^{1/2} / 2Q_l$

, kde $\langle \Delta f^2 \rangle^{1/2} / f_0$ je frekvenční fluktuace, Q - atomový faktor, τ průměrný čas, P emitovaný výkon

Šířka linie řádově KHz

M.A.S.E.R.

- Microwave amplification by stimulated emission of radiation
- bylo použito amplification místo oscilation kvůli pozdějšímu použití maserů jako velmi citlivých zesilovačů v radio astronomii