

Новое ограничение на вариацию отношения масс $\mu = m_e / m_p$

М Г Козлов, С Г Порсев

ПИЯФ

С А Левшаков

ФТИ

В В Фламбаум

University of the New South Wales

Д Раймерс

Hamburg University

P Molaro

Osservatorio Astronomico di Trieste

Основной принцип астрофизики: все законы – универсальны. Видимые сдвиги частот интерпретируются через эффект Доплера и красное смещение:

$$\omega_{\text{набл}} = \omega_{\text{лаб}} / (1+z)$$

$$z = \omega_{\text{лаб}} / \omega_{\text{набл}} - 1$$

Если есть другие причины сдвигов частот, то это приведет к изменению «видимых» красных смещений:

$$\delta z / (1+z) = -\delta \omega_{\text{набл}} / \omega_{\text{набл}} = -\delta \omega / \omega$$

Частоты переходов атомов и молекул зависят от фундаментальных «постоянных» α^2 и μ :

Если наблюдаются две линии из одного источника (т.е. истинные красные смещения одинаковы), то **видимые** красные смещения будут различны:

Вывод: нужны линии с большими и разными коэффициентами Q и K

Типичные значения Q и K в оптическом диапазоне

	$2Q$	K
Атомные переходы ($Z \sim 10$)	10^{-2}	10^{-4}
Молекулярные переходы	10^{-2}	10^{-2}

Типичные значения Q и K в СВЧ диапазоне

Тип перехода	$2Q$	K
Тонкая структура	2	0
Сверхтонкая структура	2	1
Колебательная структура молекул	0	0.5
Вращательная структура молекул	0	1
Инверсионная линия аммиака	0	4.5

Возможные комбинации СВЧ линий

аммиак – вращательный переход

тонкий – вращательный

сверхтонкий – вращательный

- Из сравнения красных смещений z для СВЧ спектров аммиака и молекул CO и HCN следует самое жесткое на сегодняшний день ограничение на вариацию отношения масс электрона и протона μ на временах ~ 7 миллиардов лет ($z=0.68$):

- $\Delta\mu/\mu = (-0.6 \pm 1.9) \cdot 10^{-6}$.

- На временах ~ 13 миллиардов лет ($z=6.4$), когда вселенная была примерно в 14 раз моложе, чем сейчас, наблюдается линия тонкого перехода C^+ и линии вращательных переходов молекулы CO. Сравнение красных смещений позволяет получить ограничение на вариацию параметра $F=\alpha^2/\mu$:

- $\Delta F/F = (-0.1 \pm 1.0) \cdot 10^{-4}$.

- Мы предложили несколько новых экспериментов с двухатомными молекулами, в частности с молекулой Cl_2^+ , в которых можно получить лабораторные ограничения на вариацию постоянных α и μ в настоящее время. Нами показано, что чувствительность таких экспериментов может быть на несколько порядков выше, чем в экспериментах с атомами.