

Прецизионные измерения магнитного поля и гиромагнитное отношение протона и гелиона

В. Я. Шифрин^а

^а ВНИИМ им. Д.И. Менделеева

Со времени начала международного сотрудничества метрологов в области экспериментального определения ФФК - с 60-х годов 20-го века – ВНИИМ им. Менделеева активно участвовал в этих исследованиях в части определения и уточнения гиромагнитного отношения протона γ'_p . Во ВНИИМ было выполнено 3 полных цикла экспериментального определения γ'_p , в которых погрешность в конечном итоге была снижена до $1,8 \cdot 10^{-7}$ в единицах СИ, что является одним из лучших результатов в мире.

Совместный эксперимент ВНИИМ и KRISS позволил определить более точные значения γ'_p , гиромагнитных отношений гелиона и атома гелия-4. Результаты, полученные при выполнении работы, являются научно-технической основой создания и развития эталонной базы в области магнитных измерений, а также используются в качестве входных данных CODATA при согласовании и уточнении рекомендованных значений ФФК.

Эксперимент по определению γ'_p включает в себя две части - измерение геометрической константы токнесущей обмотки соленоида, имеющей размерность Тл/А, и определение отношения магниторезонансной частоты образца, помещенного в рабочее пространство соленоида к его магнитной индукции. Размерность определяемого во второй части эксперимента отношения – $(\text{с} \cdot \text{Тл})^{-1}$.

Основной особенностью данной работы является применение метода двойного радиооптического атомного магнитного резонанса (АМР) в газовых образцах смеси гелия-4 и цезия вместо традиционного ядерного магнитного резонанса (ЯМР) в образцах воды для измерений Зеемановской частоты.

АМР-техника в ^4He с использованием гелий-щелочных газообразных рабочих веществ имеет существенные преимущества по сравнению не только с традиционным протонным резонансом, но и с ЯМР в ^3He . Это определяется, прежде всего, в сотни раз большими частотами АМР, а также гораздо более эффективным оптическим методом детектирования сигнала. Оказывается возможным существенно снизить относительную погрешность определения действительной частоты АМР в ^4He по сравнению с протонным резонансом. Поэтому техника АМР в ^4He была эффективно применена в данном эксперименте для преобразования магнитной индукции в Зеемановскую частоту.

Две важные для прогресса в повышении точности определения γ'_p идеи, предложенные в NIST (США), также были реализованы. Это однослойный кварцевый соленоид с пятитоковой системой питания для воспроизведения высокооднородного поля и индукционно-лазерный метод измерений размеров обмотки соленоида.

Экспериментально измеренное в NPL (Великобритания) отношение $\gamma_{^3\text{He}}/\gamma'_p$ (СКО $4 \cdot 10^{-9}$) и полученная нами константа $\gamma_{^4\text{He}}/\gamma_{^3\text{He}}$ (СКО $3 \cdot 10^{-8}$) были приняты для перехода от $\gamma_{^4\text{He}}$ к γ'_p , а также для определения гиромагнитного отношения гелиона.