

ВРАЩЕНИЕ ОБРАЗЦА

в криостате ^3He в сильном магнитном поле

Яфарова А.Ф.^{1,2*}, Холин Д.И.¹, Сосин С.С.¹

¹ИФП им. П.Л. Капицы РАН, ²НИУ ВШЭ, *adilia.iafarova@gmail.com



ВВЕДЕНИЕ

- При изучении анизотропных систем бывает **необходимо изменять ориентацию образца относительно внешнего поля в процессе эксперимента**
- Наиболее распространенные способы вращения образцов при низких температурах предполагают **пропускание длинного штока** через криостат, что может оказаться **несовместимым с его конструкцией**
- Установка **электродвигателя вблизи ячейки невозможна из-за наличия сильного магнитного поля**
- **Нечувствительные к магнитному полю** и одновременно компактные устройства вращения создаются на базе **пьезоэлектрических элементов**, однако их техническая **реализация весьма сложна**

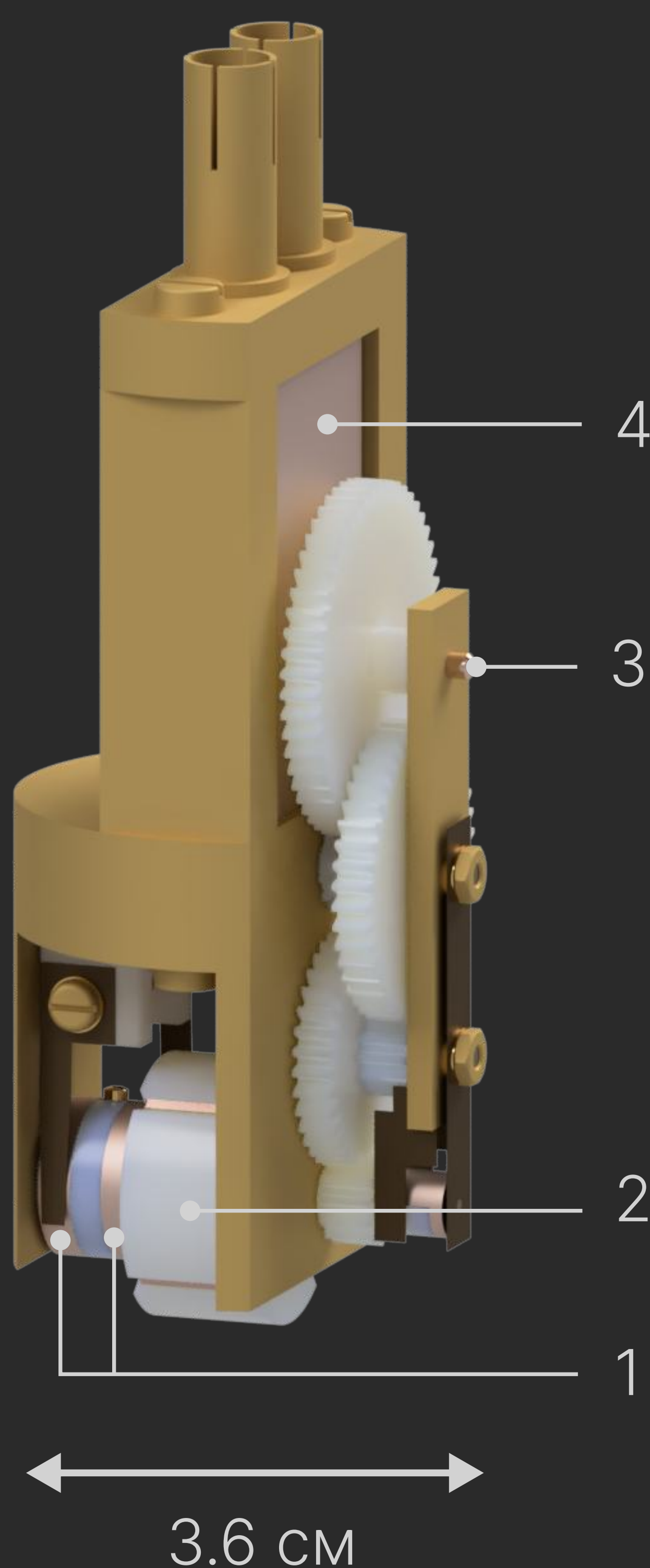
КОНЦЕПТ

- Нами создано **простое и компактное устройство**, которое работает за счет **уже имеющегося в установке сильного магнитного поля**, создаваемого сверхпроводящим соленоидом
- Механизм представляет собой **шаговый двигатель**, установленный на **СВЧ-спектрометре** с прямоугольным **резонатором (4)**, предназначенном для работы в **криостате с откачкой ^3He** при температурах **до 0.4 К**

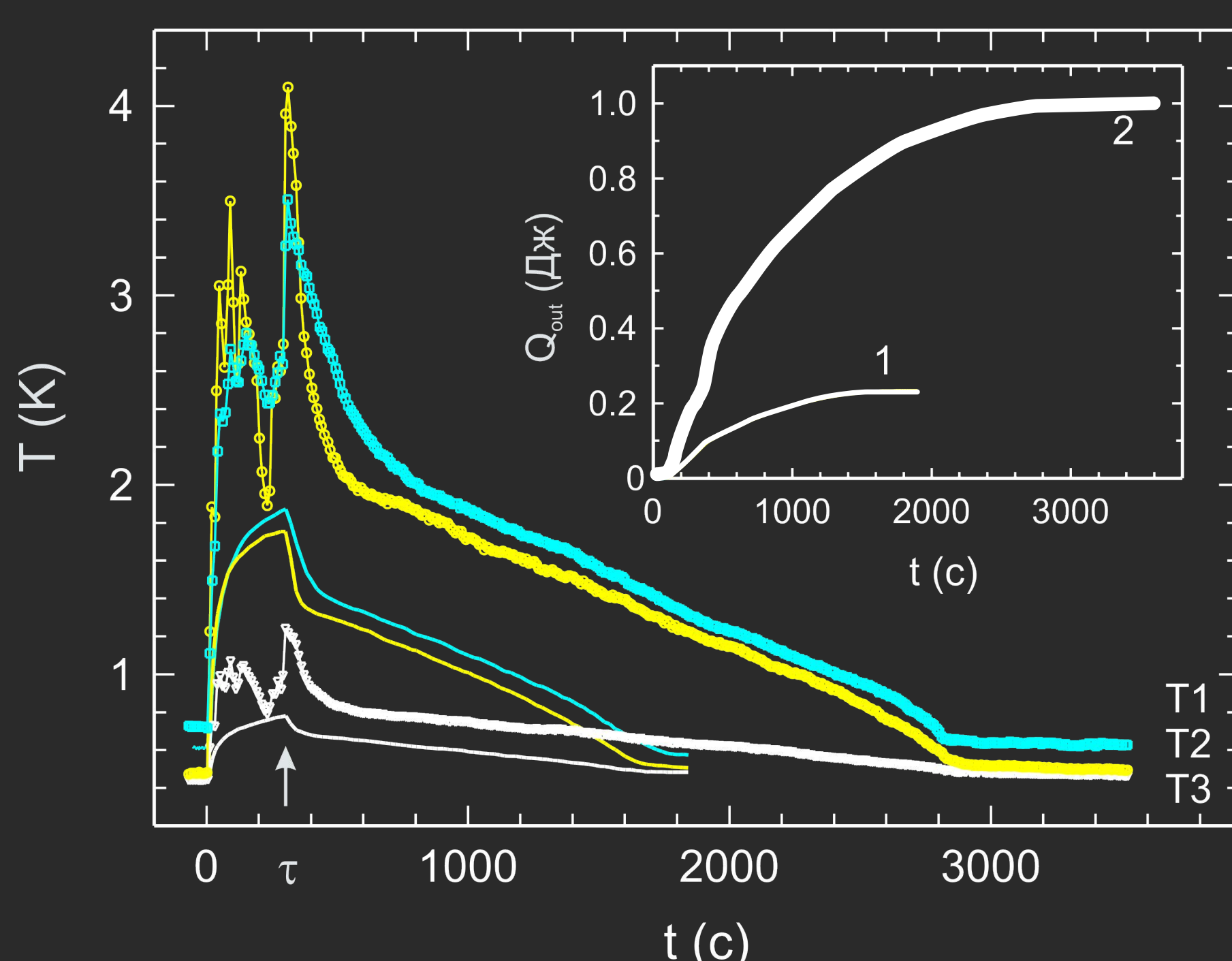


ПРИНЦИП

- Статором служит **сверхпроводящий соленоид криостата**, а ротором - **барабан из полиацетала со скрещенными медными катушками (2)**
- При **пропускании** через скользящие контакты (1) и общий контакт на оси вращения **постоянного тока нужной полярности** в катушках поочередно возникает **крутящий момент**, вызывающий **поворот барабана на 90°**
- Вращение ротора передается на образец с помощью **системы шестерен**, в последнюю из которых вставлена **ось с монтажной площадкой (3)**, **вращаемая с шагом 2°**
- Ток между катушками переключается **модулем реле**, который управляется программируемым контроллером **Arduino UNO R3** через среду **LabVIEW**



ХАРАКТЕРИСТИКИ



- **Устойчивое вращение** в поле порядка **6 Тл** при токе **150 мА**
- **Перегрев ячейки при вращении**: оценка теплопритока по оттоку тепла через хладопроводы
$$Q_{in} = Q_{out} = \frac{\beta}{2} \int_0^{t_f} (T_2^2 - T_3^2) dx \quad \kappa = \beta T$$
- **Без вращения**: $Q_{in} = i^2 R \tau = 0.22 \text{ Дж} \Rightarrow \beta \approx 2.8 \cdot 10^{-4} \text{ Вт/К}^2$
- **С вращением**: $Q_{out} = 1 \text{ Дж}$ (15 мДж на градус поворота)
- Оценка работы, совершаемой ротором: $A = |T| \Delta \alpha \approx 1.5 \text{ мДж}$ на градус поворота \Rightarrow **перспективы оптимизации устройства**
- **Охлаждение до базовой температуры за ~40 минут**

ТЕСТИРОВАНИЕ: MnCO_3

- Успешно **воспроизведены угловые зависимости** анизотропных спектров магнитного резонанса хорошо изученного антиферромагнетика **MnCO_3**

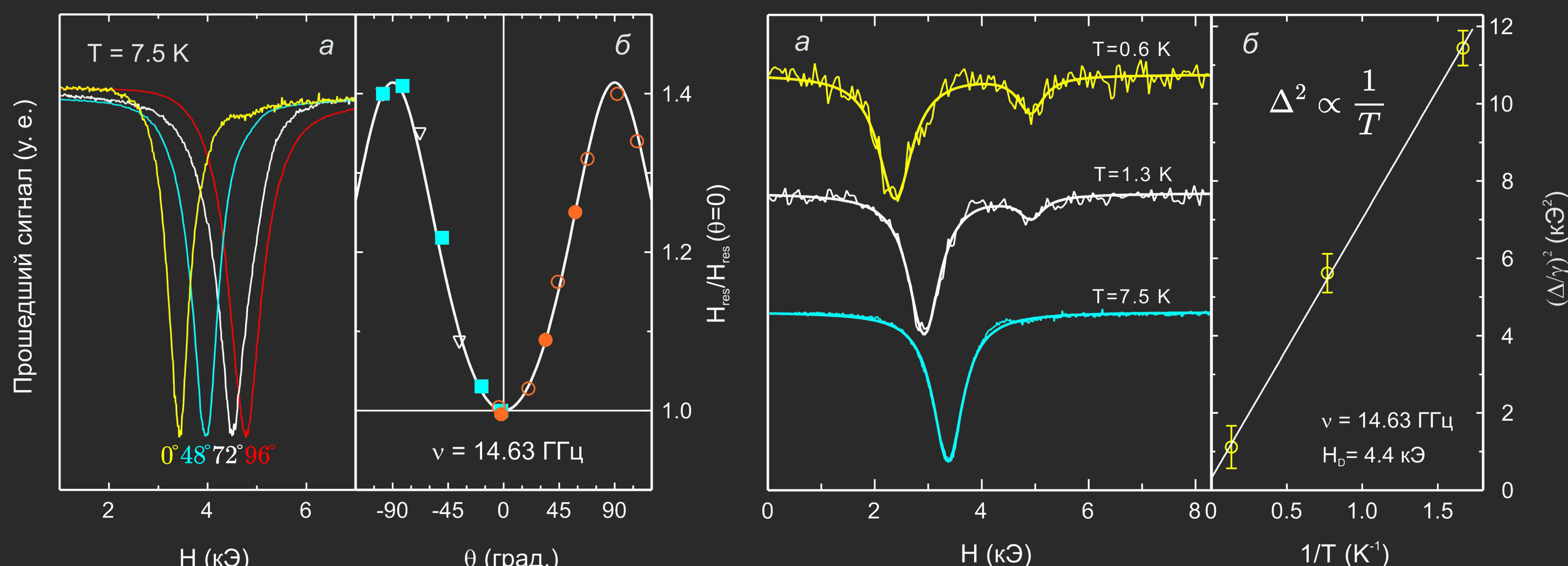
$$\nu = \Delta^2 + \gamma H_{\perp} (H_{\perp} + H_D)$$

- Образец приклеивался к вращающейся монтажной площадке на плоскость, направленную под углом $\varphi = 45^\circ$ к оси C_3 . При вращении площадки на угол θ **проекция поля H на плоскость, перпендикулярную оси C_3 , есть**

$$H_{\perp} = H \sqrt{1 - \sin^2 \theta \sin^2 \varphi}$$

- При фиксированной частоте ν положение линии поглощения во внешнем поле H_{res} задается условием $H_{\perp} = \text{const}$, поэтому его **угловая зависимость определяется выражением**

$$H_{res} = \frac{H_{res}(\theta = 0)}{\sqrt{1 - \sin^2 \theta \sin^2 \varphi}}$$



- При этом **экспериментальная угловая зависимость** отлично описывается выражением с $\varphi = 45^\circ$ и **соотносится с литературными данными**
- Известная зависимость $\Delta^2(1/T)$ - **независимый контроль температуры** образца в ходе эксперимента
- Таким образом, **устройство пригодно** для использования в экспериментах с вращением образца **при температурах откачки паров жидкого ^3He** при наличии в установке источника **сильного внешнего магнитного поля**