

Uporządkowanie magnetyczne w niskowymiarowym magnetyku molekularnym $(\text{tetrenH}_5)_{0.8}\text{Cu}_4[\text{W}(\text{CN})_8]_4 \cdot 7.2\text{H}_2\text{O}$

T. Wasiutyński

Instytut Fizyki Jądrowej PAN

15 czerwca 2007



Zespół:

- M. Bałanda, R. Pełka, P. M. Zieliński — IFJ PAN
- B. Sieklucka, R. Podgajny, T. Korzeniak — Wydz. Chemii UJ
- M. Rams — IF UJ
- Cz. Kapusta et al WFTiS AGH



Plan

- 1 Motywacja
- 2 Badania magnetyczne
 - zachowanie krytyczne
- 3 implantacja mionów
 - ISIS
 - implantacja mionów
 - funkcje korelacji
 - wyniki



- magnetyki organiczne $T_c \sim 14$ K
- magnetyki molekularne w temperaturze pokojowej
- magnetyzm indukowany światłem
- nanomagnesy (SINGLE MOLECULE MAGNETS)
- rozbudowana architektura
- ...



- magnetyki organiczne $T_c \sim 14$ K
- magnetyki molekularne w temperaturze pokojowej
- magnetyzm indukowany światłem
- nanomagnesy (SINGLE MOLECULE MAGNETS)
- rozbudowana architektura
- ...



- magnetyki organiczne $T_c \sim 14$ K
- magnetyki molekularne w temperaturze pokojowej
- magnetyzm indukowany światłem
- nanomagnesy (SINGLE MOLECULE MAGNETS)
- rozbudowana architektura
- ...



- magnetyki organiczne $T_c \sim 14$ K
- magnetyki molekularne w temperaturze pokojowej
- magnetyzm indukowany światłem
- nanomagnesy (SINGLE MOLECULE MAGNETS)
- rozbudowana architektura
- ...

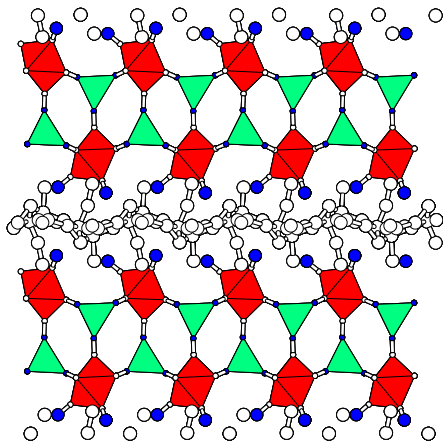


- magnetyki organiczne $T_c \sim 14$ K
- magnetyki molekularne w temperaturze pokojowej
- magnetyzm indukowany światłem
- nanomagnesy (SINGLE MOLECULE MAGNETS)
- rozbudowana architektura
- ...



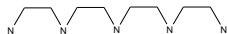
- magnetyki organiczne $T_c \sim 14$ K
- magnetyki molekularne w temperaturze pokojowej
- magnetyzm indukowany światłem
- nanomagnesy (SINGLE MOLECULE MAGNETS)
- rozbudowana architektura
- ...



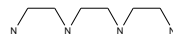


$Cmc2_1$

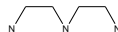
$a=7.3707$ $b=31.725$ $c=7.017$



tetren



tren

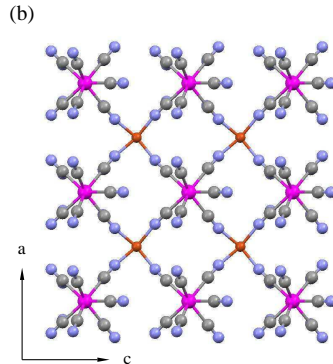
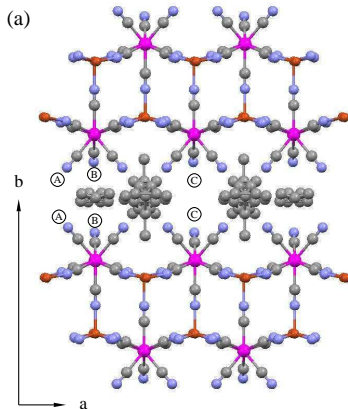


dien

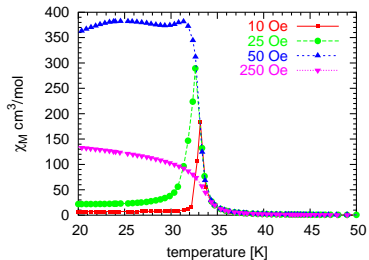
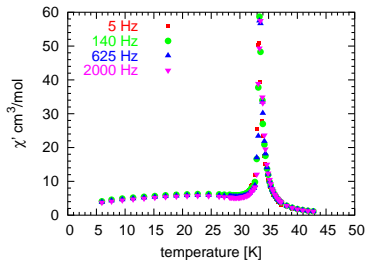
$Cu(II) s= \frac{1}{2}$

$W(V) s= \frac{1}{2}$

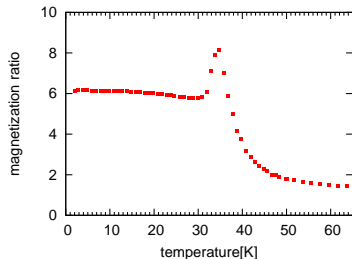
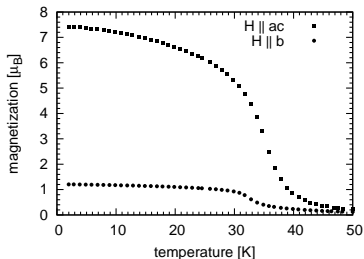




podatność magnetyczna



namagnesowanie



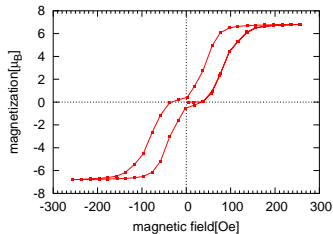
← chłodzenie w polu 2 kOe

- duża anizotropia magnetyczna
- łatwa płaszczyzna magnetyczna ac
- różne tempo wzrostu namagnesowania



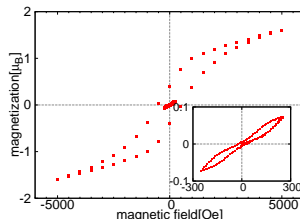
namagnesowanie $T = 4.2$ K

$H \parallel ac$

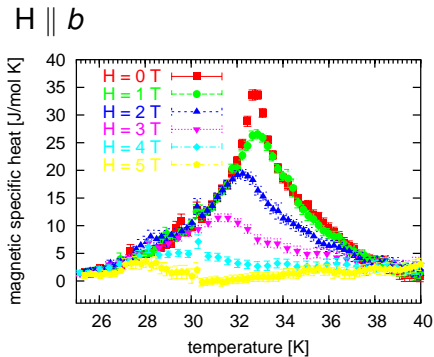


spin flop dla $H \approx 50$ Oe

$H \parallel b$



ciepło właściwe



$$\Delta S = 7.1 \pm 1.5 \text{ J/K mol}$$

gdz:

$$\Delta S_{max} = 8R \log(2s + 1)$$

$$= 46.1 \text{ J/K mol}$$



Plan

- 1 Motywacja
- 2 **Badania magnetyczne**
 - zachowanie krytyczne
- 3 implantacja mionów
 - ISIS
 - implantacja mionów
 - funkcje korelacji
 - wyniki



skalowanie podatności

W pobliżu przejścia fazowego II rodzaju długość korelacji ma osobliwość:

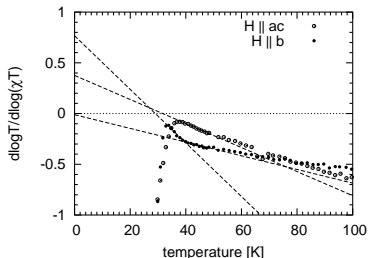
$$\xi(T) \sim (T/T_c - 1)^{-\nu}$$

Można badać osobliwość innych wielkości gdy wiemy jak skalują się one z $\xi(T)$. Souletie (2000) zaproponował skalowanie χT zamiast χ :

$$\chi \sim (T/T_c - 1)^{-\gamma} \rightarrow \chi T = C(1 - T_c/T)^{-\gamma}$$

gdzie $\gamma = (2d' - d)\nu$. Pochodna logarytmiczna pozwala znaleźć parametry:

$$d \log T / d \log(\chi T) = -(T - T_c) / (\gamma T_c)$$



model	γ
Ising d=2	7/4
Ising d=3	1.239
Heisenberg d=3	1.36
mf	1
sferyczny	2



Plan

- 1 Motywacja
- 2 Badania magnetyczne
 - zachowanie krytyczne
- 3 **implantacja mionów**
 - **ISIS**
 - implantacja mionów
 - funkcje korelacji
 - wyniki



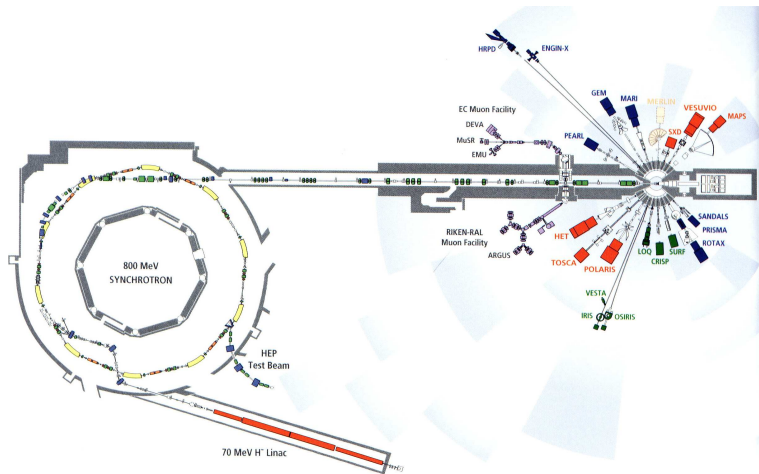
Motywacja
Badania magnetyczne
implantacja mionów

ISIS
implantacja mionów
funkcje korelacji
wyniki

Rutherford Laboratory



ISIS

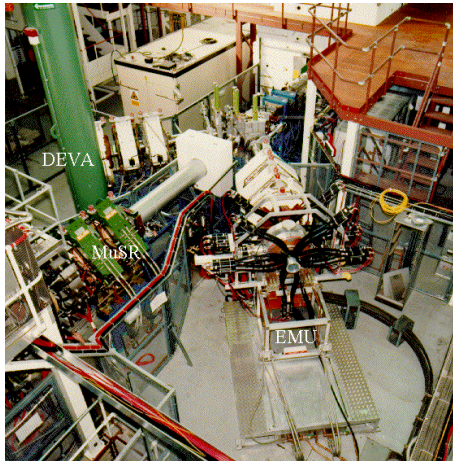


wiązka impulsowa 50 Hz

$$I_{av} = 180 \mu A$$



aparaty



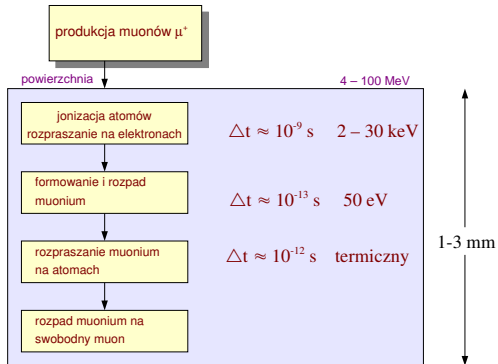
Plan

- 1 Motywacja
- 2 Badania magnetyczne
 - zachowanie krytyczne
- 3 **implantacja mionów**
 - ISIS
 - **implantacja mionów**
 - funkcje korelacji
 - wyniki



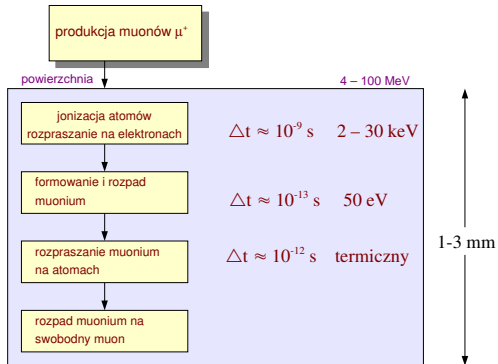
Implantacja μ^+

Tylko oddziaływania kulombowskie, spin zachowany



Implantacja μ^+

Tylko oddziaływania kulombowskie, spin zachowany



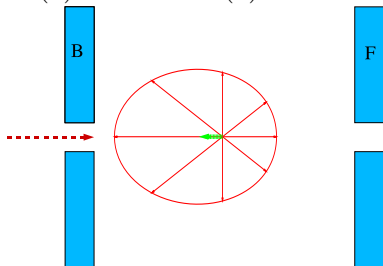
Rozpad μ^+

Rozpad $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$

$\tau_{1/2} = 2.19714 \mu\text{sec}$

nie jest izotropowy:

$W(\theta) = 1 + a \cos(\theta) \quad a \approx 0.3$



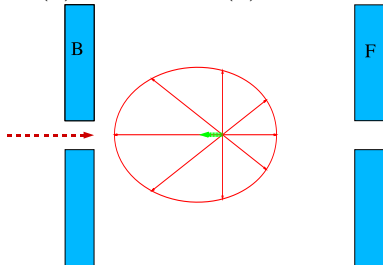
Rozpad μ^+

Rozpad $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$

$\tau_{1/2} = 2.19714 \mu\text{sec}$

nie jest izotropowy:

$W(\theta) = 1 + a \cos(\theta) \quad a \approx 0.3$



definiujemy:

$$A(t) = \frac{N_B(t) - N_F(t)}{N_B(t) + N_F(t)}$$



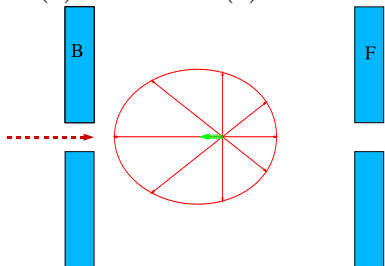
Rozpad μ^+

Rozpad $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$

$\tau_{1/2} = 2.19714 \text{ } \mu\text{sec}$

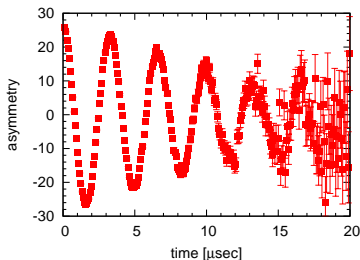
nie jest izotropowy:

$W(\theta) = 1 + a \cos(\theta) \quad a \approx 0.3$



definiujemy:

$$A(t) = \frac{N_B(t) - N_F(t)}{N_B(t) + N_F(t)}$$



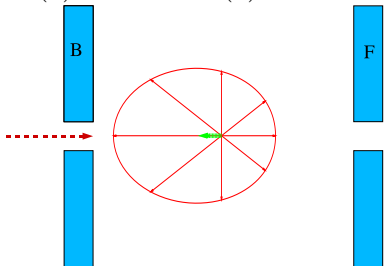
Rozpad μ^+

Rozpad $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$

$\tau_{1/2} = 2.19714 \text{ } \mu\text{sec}$

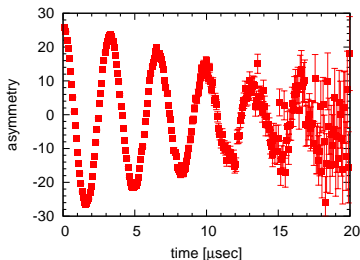
nie jest izotropowy:

$W(\theta) = 1 + a \cos(\theta)$ $a \approx 0.3$



definiujemy:

$$A(t) = \frac{N_B(t) - N_F(t)}{N_B(t) + N_F(t)}$$



precesja muonu: $\omega_L = \gamma_\mu |B|$

gdzie $\gamma_\mu = 2\pi \times 135.5 \text{ MHz/Tesla}$

relaksacja: $\sim e^{-t/\tau}$



Plan

- 1 Motywacja
- 2 Badania magnetyczne
 - zachowanie krytyczne
- 3 **implantacja mionów**
 - ISIS
 - implantacja mionów
 - **funkcje korelacji**
 - wyniki



Relaksacja statyczna

Lokalne pole odpowiedzialne za precesję spinu wynika z oddziaływań dipolowych z otaczającymi je spinami jądrowymi i elektronowymi.

- Gaussowski rozkład pola (słabe magnetyki lub szkła):

$$P^G(B_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\Delta} \exp(-B_i^2/2\Delta^2) \quad (i = x, y, z)$$

- Rozkład Lorentza (układy z domieszkami magnetycznymi):

$$P^L(B_i) = \frac{1}{\pi} \frac{\Lambda}{\Lambda^2 + B_i^2} \quad (i = x, y, z)$$

- funkcja relaksacji muonu dana jest przez średnią $s_z(t)$:

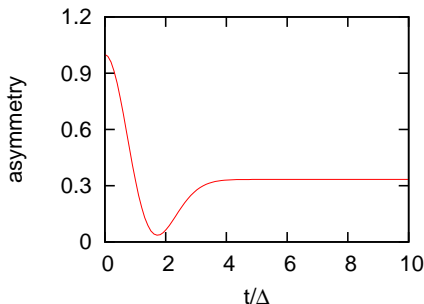
$$G_z(t) = \int s_z(t) P(\vec{B}) d^3\vec{B}$$



relaksacja dynamiczna

Dla przypadku rozkładu gaussowskiego otrzymujemy
 (Kubo-Toyabe):

$$G_z^G(t) = \frac{1}{3} + \frac{2}{3}(1 - \gamma_\mu^2 \Delta^2 t^2) \exp(-\gamma_\mu^2 \Delta^2 t^2 / 2)$$



w przypadku pola
 jednorodnego:

$$G_z(t) = \frac{1}{3} - \frac{2}{3} \cos(\gamma_\mu |B|t)$$



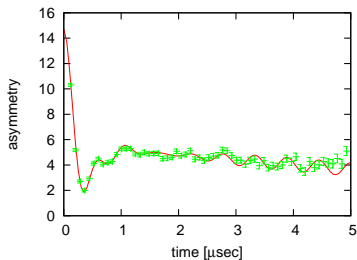
Plan

- 1 Motywacja
- 2 Badania magnetyczne
 - zachowanie krytyczne
- 3 **implantacja mionów**
 - ISIS
 - implantacja mionów
 - funkcje korelacji
 - **wyniki**

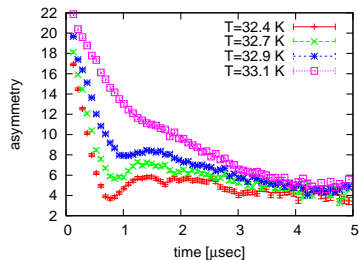


wyniki

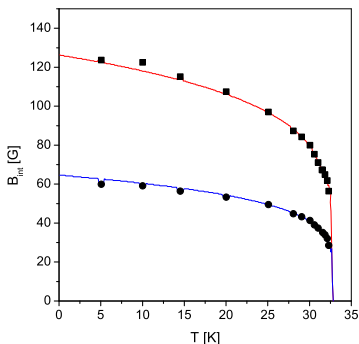
w niskich temperaturach:



w pobliżu przejścia fazowego:



precesja w zerowym polu



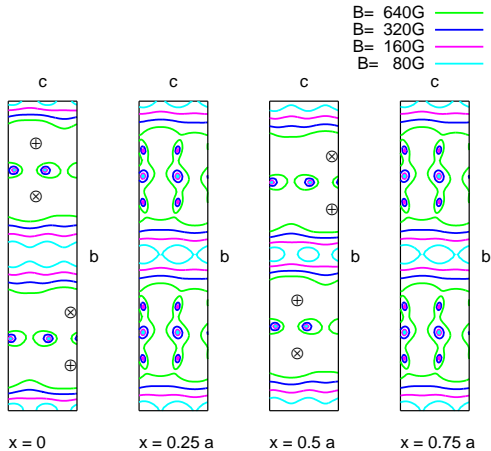
$$B(T) = B_i \left(1 - \frac{T}{T_N}\right)^\beta$$

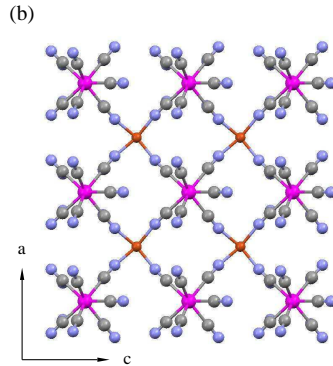
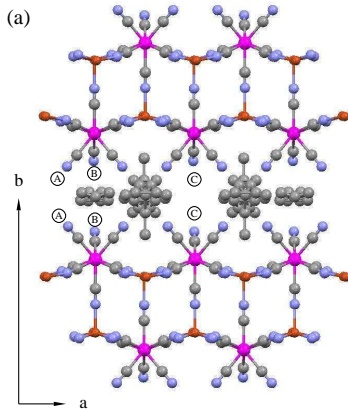
$$\beta = 0.20$$

model	β
Ising d=2	1/8
Ising d=3	0.326
Heisenberg d=3	0.385
mf	0.5
sferyczny	0.5
XY d=2	(0.23)

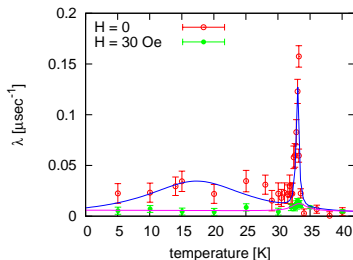


pole dipolowe





relaksacja



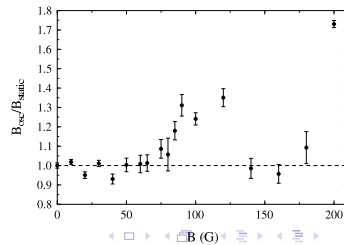
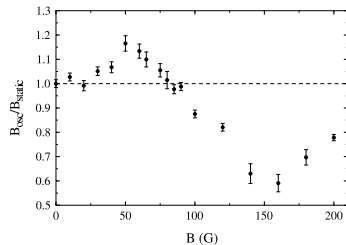
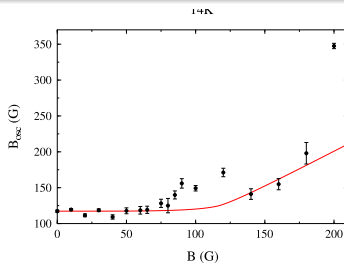
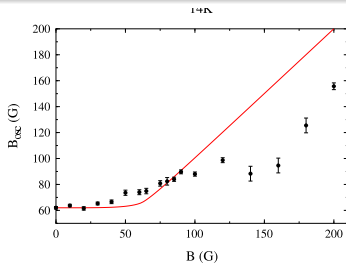
$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$$

dla $t > 5 \mu \text{ sec}$

- wyraźna osobliwość λ w T_N
- spowolnienie relaksacji w słabym polu podłużnym



spin flop w polu podłużnym



I.I. Rabi (1898-1988) - on the discovery of the muon:

“Who ordered that?”

