



## UvA-DARE (Digital Academic Repository)

### Non-fermi liquid behaviour in uranium-based heavy-fermion compounds

de Lemos Correia Estrela, P.M.

**Publication date**  
2000

[Link to publication](#)

#### **Citation for published version (APA):**

de Lemos Correia Estrela, P. M. (2000). *Non-fermi liquid behaviour in uranium-based heavy-fermion compounds*. [Thesis, fully internal, Universiteit van Amsterdam].

#### **General rights**

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

#### **Disclaimer/Complaints regulations**

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

# Samenvatting

Het *Fermi-vloeistof* (FV) model van Landau is uitzonderlijk succesvol gebleken in het beschrijven van metalen bij lage temperaturen. Deze beschrijving kan in het kort samengevat worden middels de overbekende uitdrukkingen voor de soortelijke warmte  $c(T) = \gamma T$ , de magnetische susceptibiliteit  $\chi(T) = \text{const}$  en de elektrische weerstand  $\rho(T) = \rho_0 + AT^2$ . Niet alleen normale metalen, maar ook de zogeheten *zware-fermion* (ZF) systemen kunnen beschreven worden met behulp van het FV model, waarbij de FV parameters sterk genormaliseerd zijn. Echter, in de afgelopen tien jaar is een aantal sterk gecorreleerde elektronsystemen ontdekt dat sterke afwijkingen van het standaard FV gedrag vertoont. Gedetailleerde studies van zulke systemen hebben tot het inzicht geleid dat het FV model onder bepaalde condities niet toepasbaar is. Deze zogeheten *niet-Fermi-vloeistof* (NFV) toestand kan beschouwd worden als een nieuwe grondtoestand. In NFV materialen, divergeren  $c(T)/T$  en  $\chi(T)$  voor  $T \rightarrow 0$ , terwijl  $\rho(T)$  een niet-kwadratische afhankelijkheid van de temperatuur vertoont.

In dit proefschrift wordt aangetoond dat de ZF verbinding  $U_2Pt_2In$  de eerste stochiometrische uranium verbinding is, die onder normale atmosferische druk NFV gedrag vertoont. De soortelijke warmte van  $U_2Pt_2In$  divergeert volgens  $c/T \sim -\ln(T/T_0)$  over twee decades in temperatuur ( $0.1 \text{ K} \leq T < 6 \text{ K}$ ). hetgeen overtuigend bewijs is dat  $U_2Pt_2In$  geclassificeerd dient te worden als een zware-fermion NFV materiaal.

Ook de magnetische susceptibiliteit vertoont anomaal gedrag bij lage temperatuur:  $\chi_c$  vertoont een minimum bij 7.9 K, hetgeen toegeschreven kan worden aan de stabilisatie van antiferromagnetische (AF) interacties, terwijl  $\chi_c$  toeneemt als  $1-bT^{-0.7}$  voor  $2 \text{ K} \leq T < 10 \text{ K}$ . Dit gedrag is in strijd met het normale FV gedrag.

De elektrische weerstand van  $U_2Pt_2In$  is sterk anisotroop voor temperaturen beneden 80 K, waarbij  $\rho_c > \rho_a$ . Bij de laagste temperaturen varieert de elektrische weerstand niet kwadratisch met de temperatuur zoals voor een FV. In plaats daarvan geldt  $\rho \sim T^\alpha$  met  $\alpha = 1.25$  en  $0.9$  voor een stroom langs de a- en c-as, respectievelijk. Magnetoweerstandsmetingen laten zien dat de exponent  $\alpha$  geleidelijk toeneemt in een uitwendig magneetveld. In 8 T wordt de FV waarde  $\alpha = 2$  bereikt.

De restweerstand is uitzonderlijk hoog ( $\rho_{0,a} \approx 115 \mu\Omega\text{cm}$  en  $\rho_{0,c} \approx 210 \mu\Omega\text{cm}$ ), terwijl Röntgen- en neutronendiffractie experimenten erop duiden dat de kristallen van goede kwaliteit zijn. Het grote verschil tussen  $\rho_{0,a}$  en  $\rho_{0,c}$  en de sterke magneetveldafhankelijkheid van  $\rho_0$  laten zien dat  $\rho_0$  grotendeels bepaald wordt door andere verstrooiingsmechanismen dan verstrooiing aan onzuiverheden of defecten.

Weerstandsmetingen onder uitwendige hydrostatische druk laten zien dat onder hoge druk de FV toestand hersteld wordt, aangezien  $\rho \sim T^2$ . Dit is consistent met een transporttheorie voor zware-fermion systemen die een antiferromagnetisch *quantum kritisch punt* (QKP) hebben voor  $T \rightarrow 0$ . De anisotropie in de weerstand neemt toe onder druk.

Muon spin-rotatie en relaxatie ( $\mu\text{SR}$ ) experimenten laten zien dat  $U_2Pt_2In$  geen zwakke magnetische ordening vertoont, althans niet boven een temperatuur van 0.05 K. Naast een statische magnetische component, die toegeschreven kan worden aan de depolarisatie t.g.v. indium nucleaire momenten, bestaat het  $\mu\text{SR}$  signaal uit een component die op magnetische fluctuaties duidt ( $T < 10$  K). Er is geen bewijs gevonden voor zogeheten Kondo wanorde.

De lokatie van  $U_2Pt_2In$  vlakbij de grens voor magnetische ordening in een Doniach-diagram zoals samengesteld voor de hele reeks van  $U_2T_2X$  verbindingen en het herwinnen van de FV grondtoestand zoals gemeten d.m.v. elektrische weerstand onder uitwendige druk, vormen overtuigend bewijs dat  $U_2Pt_2In$  op of vlakbij een magnetisch QKP ligt.

Soortelijke-warmte metingen aan de verbinding  $U_3Ni_3Sn_4$  laten zien dat de grondtoestand een FV is. Echter, in het temperatuurgebied 0.5-5 K wordt NFV gedrag gevonden. Weerstandsmetingen onder uitwendige druk laten zien dat het temperatuurgebied waar FV gedrag gevonden wordt groeit met toenemende druk. De resultaten kunnen geïnterpreteerd worden als een bewijs dat  $U_3Ni_3Sn_4$  vlakbij een QKP ligt (aan de paramagnetische kant).

Een nieuw type van QKP is gevonden in het systeem  $U(Pt_{1-x}Pd_x)_3$ .  $\mu\text{SR}$  experimenten laten zien dat de zogenaamde groot-moment antiferromagnetische fase ontstaat bij dezelfde Pd

concentratie als die waar supergeleiding wordt onderdrukt, d.w.z. de QKP voor supergeleiding en antiferromagnetisme vallen samen. Dit resultaat suggereert dat het spectrale gewicht van de magnetische fluctuaties in  $UPt_3$  verschuift van ferro- naar antiferromagnetisch door legeren met Pd.

De NFV weerstand van de pseudo-ternaire verbinding  $URh_{1/3}Ni_{2/3}Al$  zoals gevonden bij lage temperatuur kan toegeschreven worden aan een single ion NFV mechanisme.