

**Transdisciplinární aspekty
kvantového magnetokalorického jevu
a kvantové difuze**

Zdeněk Kalva

CTS-05-06

Srpen 2005

autor děkuje za podporu GAČR 401/02/0579

THESE

- transdisciplinární charakteristika fázových přechodů v kolektivně excitovatelných soustavách (interpretace) – možnost předpovídat objevení se fázového přechodu případně možnost vyvolání fázového přechodu prostřednictvím změny energie kvasičástic.
- možnost měnit střední energii chaotických pohybů (teplotu) celé soustavy systémů změnou energie kvasičástic pouze jednoho systému prostřednictvím vnějšího parametru - (pole, lokální změna, hluk, optický jev, ...)
- vzájemné ovlivňování kolektivních jevů

Specificky aktuální je dnes studium difuse chaotických pohybů mezi fyzikálními i nefyzikálními systémy jejichž prvky vzájemně interagují – může vést k hlubšímu porozumění a ovládní komplexních jevů (např. fázových přechodů) nebo k ovlivňování stupně chaotičnosti v navzájem souvisejících kolektivně excitovatelných systémech.

Objevuje se možnost transdisciplinárních aplikací magnetokalorického jevu i na zdánlivě nepodobné, ale transdisciplinárně související jevy, (*pohyby cen a změny finanční bursy, ovládní intenzity a strukturálních změn davových sociálních jevů, jevy patřícími do různých oblastí fyziky* nebo případně formalisace vzniku dopravních zácp aj.)

Presentovaná práce se teoreticky zabývá komplexními jevy pomocí kvantové teorie kolektivních excitací - matematického formalismu druhého kvantování - formalismu kvasičástic. Jako východisko použiji našich výsledků o magnetokalorickém jevu = *změnách energie chaotické pohyblivosti* v pevných látkách stimulovaných změnami vnějšího magnetického pole [1-4, 7-8, 11].

Zastávám názor, že

Souvislost komplexity složitých fyzikálních struktur a jejich kolektivních excitací je dnes velmi progresivním tématem,
otevřávají se nové fyzikální, ale i filosofické problémy a také praktické aplikace.

Jev kolektivních excitací:

Výchylka z rovnovážné polohy se šíří celým prostorem a zároveň se uplatňuje tendence prvků vrátit se do původní rovnovážné polohy. Vlny konstruktivně i destruktivně interferují. Výsledkem je soubor stacionárních vln o definovaných vlnových délkách a tím také definovaných (kvantovaných) energiích. Kvantování energii je vlastností částic idea modelování pomocí kvasičástic se přímo nabízí.

S kvasičásticemi lze provádět i experimenty ve kterých se chovají „jako kulečnickové koule“. (Svazek zpomalených neutronů zaměřený do vzorku ve kterém existují kolektivní excitace se rozptyluje podobně jakoby se nepružně rozptylovaly „kulečnickové koule“. Neutrony se nepružně srážejí s příslušnými kvasičásticemi a ze známých energií a impulsů zúčastněných částic lze předpovědět možné dráhy dalšího šíření neutronů).

Existují účinné metody získávání spekter energií různých kvasičástic a k nim příslušejících vlnových délek. V rámci formalismu druhého kvantování byly vypracovány metody započtení interakce mezi fyzikálními soustavami pomocí kvasičásticového formalismu [11] a objevují se nové poznatky o kvasičásticích v blízkém okolí fázových přechodů [7-8] mezi různými strukturálními uspořádáními. Lze tak získat hlubší vhled a významné prohloubení našeho chápání komplexního fenoménu fázových přechodů.

Uvedeme příklady tří typů transdisciplinárních aplikací modelování kolektivních excitací pomocí kvasičásticového formalismu

1. transdisciplinární model fázových přechodů v kolektivně excitovatelných soustavách obohacuje teorii – interpretaci fázových přechodů, dává možnost předpovídání a případně i jejich vyvolání prostřednictvím spontánně excitovatelných kvasičástic.
2. parametrickou změnou energie kvasičástic jednoho systému můžeme simultánně modulovat střední energii chaotických pohybů (teplotu) všech souvisejících systémů. *(Parametrem ovlivňujícím energii kolektivních excitací pouze jednoho systému mohou být různé veličiny jako např. lokální změna, hluk, optický jev, ale také různá nelokální pole).*
3. Informace o vzájemném poměru velikostí energií kvasičástic umožňují efektivní ovlivňování kolektivních excitačních jevů.

2. These metodiky modelování kolektivních excitací pomocí kvasičásticového formalismu:

Hledá se odezva soustavy na vnější podmínky = přechod soustavy z jednoho energetického stavu do jiného

Velkou výhodou je, že nepotřebujeme znát energii základního stavu

Přechody soustavy z jednoho energetického stavu do dalších stavů chápeme jako KREACI nebo ANIHILACI nějakých nových entit = elementárních excitací = kvasičástic nesoucích příslušnou excitační energii

Kvasičástice jsou kvanta energie spojená s korelovaným pohybem velkého počtu prvků kolektivně excitovaného systému. Prvkům excitovaného systému se ale nepodobají - dokonce i statistické pravděpodobnosti výskytu prvků systému a příslušných kvasičástic mohou být jiné („bosony“ nebo „fermiony“). Počet kvasičástic se také, na rozdíl od klasických částic, nezachovává. Pro každou soustavu je definován typ kvasičástice pro ní specifický

Budeme se nadále zabývat pouze kvasičásticemi podléhajícími Bose-Einsteinově statistice.

Výskyt kolektivních excitací je velký a rozmanitý, různé typy kolektivních excitací se mohou ovlivňovat a vést tak k novým jevům

- Dav přejde od křičení, cinkání klíči, na házení kamení nebo ve skandování hesla nebo v agresivní pohyb někam.
- Proces změny cen akcií , který může přejít ve krach bursy (týká se i jiných druhů cen např. změn ceny benzínu aj.)
- Struktura stáda dobytka s kolektivní pohybovou excitací může být změněna na strukturu pro obranu nebo strukturu pro útok.
- Uspořádání antiferomagnetického (antiparalelního) uspořádání magnetických momentů může být vlivem magnetického pole změněno na strukturu, kdy sousední momenty svírají spolu určitý úhel (fázový přechod druhého druhu při které nastává často i změna znaménka magnetokalorického jevu (nárůst teploty vyvolaný růstem magnetického pole se může změnit v bodě fázového přechodu na pokles viz.FOLIE)
- Kolona aut na silnici (brždění, akcelerace, minimální vlnová délka=délka kolony)

Kvasičásticový formalismus modelování kolektivních excitací:

Jde o nalezení takových transformací operátorů kteřé převedou původní operátor energie systému (hamiltonián) na hamiltonián harmonického oscilátoru (transformace musí zachovat fyzikální identitu systému – musí být splněny správné komutační relace Hamiltonián soustavy volných harmonických oscilátorů má tvar

$$H = p^2/2m + Kx^2/2$$

x je operátor výchylky z rovnovážné poloh

p je operátor impulsu, $[p, x] = -i\hbar$

Standardní kvantově mechanický postup je provedení prvního kvantování = nahrazení x, p operatory a následné řešení Schrödingerovy rovnice.

Naše cesta kvasičásticového formalismu převádí původní operátory v hamiltoniánu na nové operátory a^+, a splňující komutační relace

$$H = E_0 + \sum_i [\hbar\omega_i a^+ a + f(a^+ a^+ a^+ a)] \quad [a^+_{i}, a_j] = \delta_{ij}$$

kde E_0 je energie základního stavu, součet je přes nezávislé elementární excitace a^+ , a jsou jejich kreační nebo anihilační operátory. Případný nelineární interakční člen tvořený více než dvěma operátory musí být relativně malý aby neztratilo smysl uvažovat o plynu kvasičástic s dlouhou dobou života jednotlivých kvasičástic.

ω_i jsou kvanta energie kmitů oscilátoru, $a^+ a$ je operátor počtu kvasičástic.

Ekvivalence mezi harmonickým oscilátorem a plynem s proměnným počtem bosonů:

Kreace kvasičástice s energií $\varepsilon = \hbar\omega$ v „plynu“ obsahujícím již n takových kvasičástic odpovídá přechodu oscilátoru z nějakého stavu $\langle n \rangle$ s energií $n \cdot \hbar\omega$ do stavu $\langle n+1 \rangle$ s energií

$(n+1) \hbar\omega$ (analogicky pro anihilaci)

Soustava nacházející se v termodynamické rovnováze s termostatem teploty T musí být v jednom z N možných energetických stavů a pravděpodobnost stavu s energií E_n je

$$\psi(E_n) = Z^{-1} \exp(-E_n/kT)$$

$$\text{kde } Z \text{ je stavová suma } Z = \sum_n \exp(-E_n/kT)$$

pro střední hodnotu počtu kvasičástic při teplotě T platí

$$\langle n \rangle \approx [\exp(\hbar\omega/kT) - 1]^{-1} \dots \dots \dots \text{Bose-Einsteinův vzorec}$$

Zobecnění pro N harmonických oscilátorů je snadné:

$$H = \sum_i (\hbar\omega_i a^\dagger a + 1/2) = \sum_i (\hbar\omega_i n_i + 1/2)$$

n_i je počet kvasičástic s energií i -tého stavu. Rozlišitelné jsou kvasičástice s různou energií.

Termodynamické chování plynu kvasičástic je dáno pouze počty kvasičástic.

Např. entropie plynu kvasičástic je dána

$$S = k \sum \{(1+n) \ln(1+n) - n \ln(n)\}$$

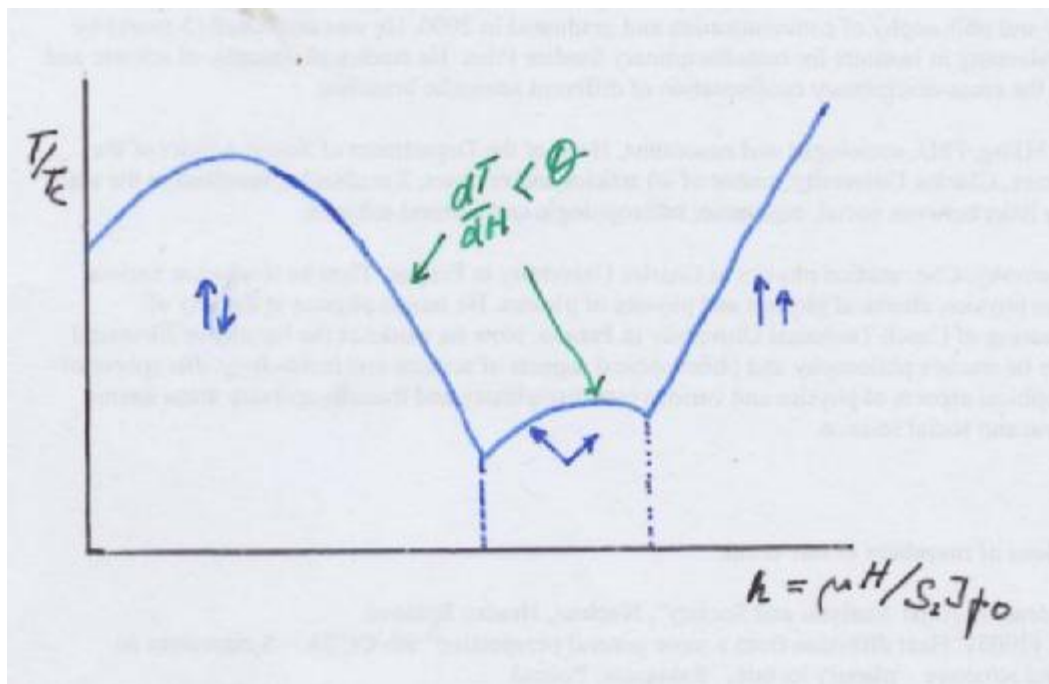
kde $n = n(\varepsilon, T)$

$n = 1/(\exp(\varepsilon/kT) - 1)$ je pravděpodobnost výskytu určitého typu kvasičástic kT energie tepelného pohybu - míra chaosu

Entropie je aditivní veličina a celková entropie je součtem dílčích entropií

Pokud je systém adiabaticky izolován od okolí, což znamená, že není výměna tepla s okolím, pak je celková entropie konstantní.

Z podmínky konstantnosti celkové entropie lze pak odvodit např. změny teploty T způsobené změnou spektra energií kolektivních excitací jedné soustavy.



Obr.1. Magnetokalorický jev při procházení fázovými přechody od antiparalelní magnetické struktury, přes uhlovou strukturu až po paralelní uspořádání lokálních magnetických momentů vynucené silným magnetickým polem (T/T_c je teplota v relativních jednotkách, h je vnější magnetické pole v relativních jednotkách) [12]

3. Vrátime se k uvedeným příkladům transdisciplinárních aplikací:

3a) Fázové přechody:

Naše kvantově-mechanické výpočty (formalismus druhého kvantování) ukázaly možnost lavinovitého nárůstu „excitovanosti“ který nastává při bliženi se fázovému přechodu. V řeči našeho matematického formalismu to lze chápat jako výrazný pokles energie některých kvasičástic - alespoň pro jeden z přítomných kvasičásticových módů (Argument lze pravděpodobně i obrátit: když dosáhneme toho, že energie některého kvasičásticového módu klesá k nule může to vésti k fázovému přechodu).

- Jak snížit energii kvasičásticového módu a stimulovat fázový přechod? Je zde řada možností – např. volba materiálů a jejich anisotropních vlastností.
- Výrazné snížení kvasičásticové energie (alespoň jednoho módu) známe při přibližování se k některým fázovým přechodům. Formalismem druhého kvantování dovedeme počítat energie příslušných kvasičástic a v okolí fázových přechodů anisotropních materiálů a máme zkušenost objevení se módu o velmi malé kvasičásticové energii a tudíž velké excitovatelnosti. Entropie patřící k příslušnému kvasičásticovému módu se při adiabatické izolaci vzorku zvětšuje na úkor entropii ostatních módů (zvětšuje se míra komplexity?).

- **Transdisciplinárně využitelný model energie kvasicčástic:**

Kalva-Svobodny navrhli modelový tvar energie kvasicčástic fononového typu (tj. s lineární závislostí na vlnovém vektoru) který umožňuje studium vlivu „kvasicčásticových módů s anomálním poklesem energie v blízkosti fázového přechodu [11]. Lze se opřít o odhad možné vlnové délky kolektivních excitací nebo také o případnou znalost velikosti (energie) lokálních excitací, které vykazují schopnost transformace na kolektivní excitace. Model se osvědčil pro anisotropní ferrimagnetické materiály, ale také pro supravodiče.

OPAKOVÁNÍ jinými slovy: Změny uspořádání kolineárních magnetických struktur na struktury úhlové nebo spirální.

Lze je vyvolat nárůstem (nebo poklesem) magnetického pole. Blízké okolí fázového přechodu je zvláště zajímavé. Kvasicčásticový formalismus zde nabízí možnost hlubšího porozumění fyzikálnímu jevu. *V okolí fázového přechodu totiž pravděpodobně nastává „lavinovitý nárůst excitovanosti“ interpretovatelný jako výrazný pokles energie alespoň jednoho z přítomných kvasicčásticových módů.* (Argument lze pravděpodobně obrátit a můžeme očekávat, že když energie některého kvasicčásticového modu klesá k nule povede to k nějakému fázovému přechodu.)

O tom jak účelově výrazně snížit energii kvasicčásticového modu můžeme zatím, bohužel, pouze spekulovat, ale při našich modelových výpočtech chování kvasicčástic, ve kterých jsme explicitně vzali v úvahu i interakci mezi kvasicčásticemi, se setkáváme se vznikem kvasicčásticových módů s anomálně malou energií kvasicčástic právě při blížení se k některým fázovým přechodům (takovou zkušenost máme např. z modelování magnetických fázových přechodů v různých kolineárních i nekolineárních magnetických strukturách). *Anomálně excitovatelné vlny pak často preferují určité směry šíření související s anisotropií materiálu a mohou se např. projevit jako zvuky.*

Míra komplexity se při blížení se k fázovým přechodům může výrazně zvětšovat.

3b) Ovlivňování chaotičnosti pohybů v soustavě systémů:

ukážeme nejprve na magnetokalorickém jevu a pak připojíme několik transdisciplinárních komentářů.

Magnetokalorický jev je specifickým typem difusního jevu, kdy se transport energie chaotických tepelných pohybů uskutečňuje nikoliv jako prostorový tok energie, ale holisticky probíhá v celém objemu systému. Pro modelování takového nelokálního transportu energie je výhodný kvantový kvasicčásticový formalismu kolektivních excitací (lze detailně modelově zachytit i vliv vnitřní a vnější anisotropie prostředí nebo typ a intenzitu interakce mezi systémy)

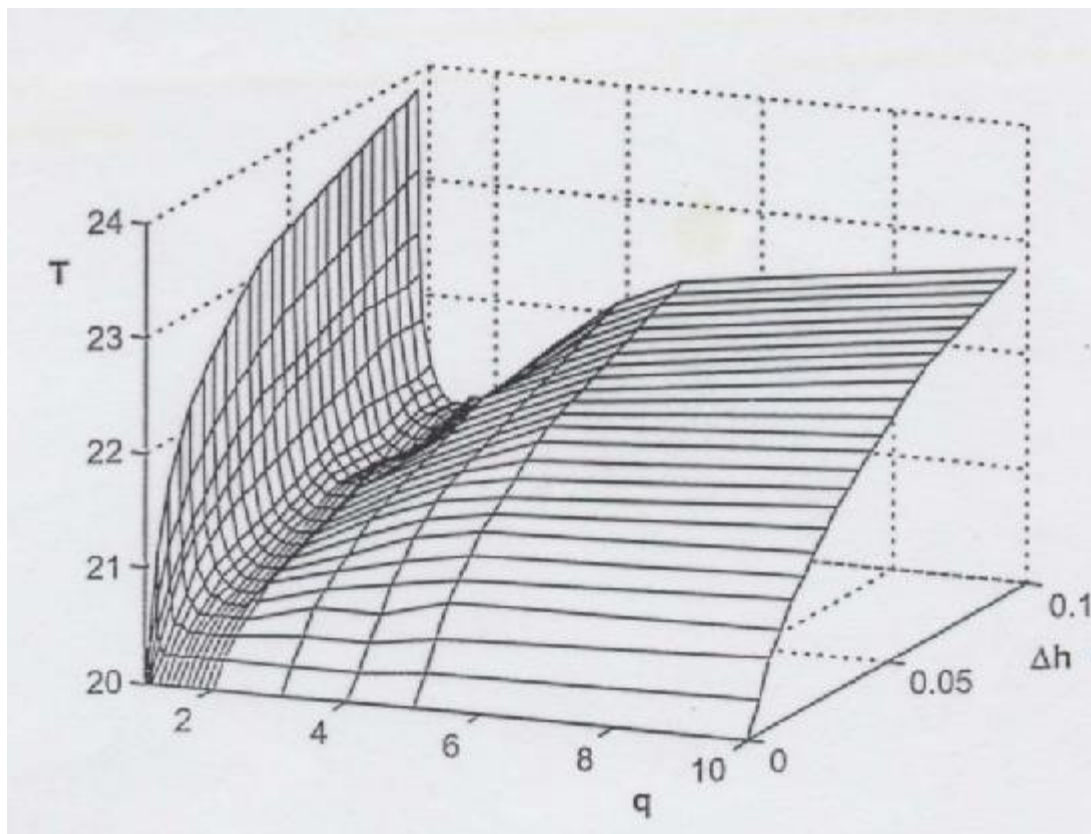
Lokální výchylka směru jednoho magnetického momentu (spinu) se opakovaně šíří celým vzorkem na jehož okrajích se odráží . Vznik dalším a dalším vln, které se potkávají a interferují mezi sebou. Možnost „dlouhodobě přežít“ mají pak jen takové které mají vlnovou délku v jednoduchém vztahu k geometrickým rozměrům vzorku $L = n \lambda/2$, $n=1,2,3,\dots$

Pro vznik jednotlivých vln je třeba energetických kvant o velikosti $E=h/T$ (T je doba kmitu) a vlny jsou charakterisovány vlnovým vektorem $k=2\pi/\lambda$ (λ je vlnová délka rovná součinu rychlosti šíření vlny a doby kmitu, příslušný impuls je $p=hk$).
 $E=h/T=hv/\lambda$ pro rostoucí λ klesá E –fázový přechod „zastavení kolony“

Stupeň chaotičnosti pohybů prvků soustavy systémů můžeme ovlivnit (celý dav, kolísání všech cen, teplotu supravodivých materiálů aj.), když změníme pouze jeden podsystem.

Změny stupně chaotičnosti – teploty:

- Entropie každého systému pak je snadno spočitatelná pomocí standardního termodynamického vzorce
$$S = k \sum \{(1+n) \ln(1+n) - n \ln(n)\}.$$
- Entropie je aditivní veličina a celková entropie je součtem dílčích entropií
V případě, že systém je „v termosce“ ,tj. adiabaticky izolovaný, je celková entropie konstantní a pokud dovedeme měnit nějakým vnějším parametrem energii jednoho druhu kvasičástic (kolektivních excitací) tak dovedeme měnit rovnovážnou teplotu celého složeného systému (magnetokalorický jev).
- Teplotu lze transdisciplinárně chápat jako střední energii chaotických pohybů v systému (míra chaotičnosti – komplexity) a na příkladu magnetokalorického jevu jsme ukázali, že může být ovládána změnami v pouze jednom dílčím systému kolektivních excitací (změna energii magnonů vlivem vnějšího pole změny pohyblivost spinů i atomů elastické krystalové mřížky)
- V okolí fázových přechodů často dochází i ke změně znaménka magnetokalorického jevu a efekt je silnější pro zrnité nanomagnetické materiály.



Obr.2 Magnetokalorický jev v okolí fázového přechodu a v závislosti na anisotropii materiálu. T je teplota, Δh je vzdálenost od fázového přechodu, q je parametr charakterizující krystalovou anisotropii $q = (\text{transversální rychlost magnonů} / \text{longitudinální rychlost magnonů})$ [modelové výpočty Z. Kalva a P. Mánek]

- **Systém jedné kvazičástic může ovšem jen natolik interagovat s jiným systémem kvazičástic aby neztratilo smysl hovořit o dvou navzájem různých druzích kvazičástic**

3c) Vzájemná interakce různých typů kvazičástic:

- **S tendencí přeměnit lokální výchylku (excitaci) na záležitost celého souboru vzájemně interagujících jedinců se setkáváme v mnoha různých situacích. Vzájemné ovlivňování různých typů kolektivních excitací lze modelovat jako interakce kvazičástic, což může vést k objevení nových jevů. V minulé kapitole bylo referováno o objevení se specifických spontánně excitovatelných kvazičástic v okolí některých fázových přechodů druhého druhu. Lze také spekulovat o možnosti modifikovat transparentnost materiálů pro různá záření (nové kvazičástice by mohly omezit možnost přeskoků elektronů mezi některými hladinami).**

- **Vzájemné ovlivnění různých typů kolektivních excitací je zvláště účinné v případě, že energie různých typů kvasičástic jsou pro určité hodnoty vlnových vektorů srovnatelně velké. Příznivá situace nastává, když např. závislosti energie kvasičástic na vlnovém vektoru jsou odlišné mocninné funkce. (např. pro některé magnony je energie úměrná druhé mocnině vlnového vektoru a pro fonony současně existující v látce je závislost energie na vlnovém vektoru lineární – potom pro určité vlnové vektory k a příslušné vlnové délky λ ($k=2\pi/\lambda$) s objeví silná interakce magnonů a fononů).**

ZÁVĚR.

- Bylo ukázáno, že kolektivní excitace, kvasičástice, komplexita, energie chaotických pohybů, teplota, fázové přechody, kvantová difuze nejsou pouze fyzikálními fenomény, ale *jejich transdisciplinární ekvivalenty existují v řadě dalších disciplin.*
- Modelové zpracování uvedených jevů je možné efektivně s pomocí kvasičásticového formalismu. Velkou předností je možnost získat výsledky bez nutnosti podrobné znalosti komplexní vnitřní struktury systémů. *Složitá úloha je tak převedena na nepoměrně jednodušší úlohu - model plynu slabě interagujících kvasičástic.*
- Byly diskutovány možnosti transdisciplinární aplikace výsledků z oblasti termodynamiky pevných látek. Zvláštní pozornost byla věnována:
 - 1) možnosti ovlivňovat energii chaotických pohybů v soustavě systémů pomocí změny energie kvasičástic v pouze jednom parciálním systému.
 - 2) porozumění komplexním dějům v blízkosti fázových přechodů

Literatura:

1. Z. Kalva, J. Šesták „Transdisciplinary aspects of diffusion and magnetocaloric effect“ *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* , Vol. 76 (2004) 67-74
2. Z. Kalva “Transdisciplinarita a vědecká práce“ Transdisciplinární konference *Nečtiny (leden2004)*. Publikováno v roce 2004 v proceedings konference (CD).
3. Z. Kalva „Existují přírodě vlastní čísla“ *J. Psyche at Natura 2004* (Přijato k publikaci)
4. Z. Kalva „*Modelování termodynamiky a disipace v nanomagnetických a supravodivých materiálech*“ *Oponovaná zpráva ve Sborníku GAUK2004 str.78 a 151.*
5. J. Šesták „The role of order and disorder in thermal and material sciences:
Part II. Scientific world and new insights“ (*J. MINING AND METALURGY* 39(3-4) B(2003) 407-425)
7. Z. Kalva , J. Šesták „Interdisciplinarity of heat diffusion as seen from a more general perspective and its application to the magnetocaloric effect insuperconducting and nano-magnetic materials“, *Proceedings of 9th Conference on Calorimetry and Thermal Analysis – Zakopane*, p.202 a také na CD konference .
8. Z. Kalva , J. Šesták „Interdisciplinarity of heat diffusion., *Proceedings of Conference THERMNAL 8.-10. October 2003*
9. J. Šesták „The role of order and disorder in thermal and material sciences, Part I: Heat and society“ (*J. Mining and Metalurgy* 38(1-2) b(2002) P. 1.-22).
10. J. Šesták „Heat as manufacturing power or the source of disorder“ (*J. Thermal Analysis and Calorimetry* 69 (2002) 113-124).
11. Th. Svobodny, Z.Kalva „Magnetocaloric effect in Ferromagnetic and Superconducting and Materials. *Phys. stat.sol. (b)* 208(1998)187
12. L. Biegala, Z. Kalva *Acta Phys. Pol. A*55(1979)687

CTS PUBLICATIONS

Research Reports

List of all research reports (from 1990) see at <http://www.cts.cuni.cz/publicat.html>.

Some of the texts are available on the web.

2004

CTS-04-01 Petr Bob, Pain, dissociation and subliminal self-representations, January 2004

CTS-04-02 Kalva, Z., Ulner, J. Correlation function in two level magnetic system interacting with phonons (in phonon beads), January 2004

CTS-04-03 Balcar, B., Jech, T., Pazák, T., Complete CCC Boolean Algebras, The Order Sequential Topology, And Problem of Von Neumann

CTS-04-04 Konopásek, Z., Stöckelová, T., Vajdová, T., Zamykalová, L., Environmental controversies in technical democracy: Three case studies

CTS-04-05 Ivan M. Havel, Modality subjektivně prožívaných situací, March 2004

CTS-04-06 Abraham Akkerman, Philosophical urbanism and deconstruction in city-form: An enviromental ethos for 21st century, March 2004

CTS-04-07 Martin Palouš, What Kind of God Does Human Rights Require?, April 2004

CTS-04-08 Wioletta Miskiewicz, Kognitivistische Naturalisierung des Geistes und phänomenologische Kritik des Psychologismus. CFB-04-01, May 2004

CTS-04-09/CFB-04-02 Kateřina Trlifajová, Bolzanova teorie reálných čísel a její výklad

CTS-04-10 Martin Palouš, Common Sense and the Rule of Law: Returning Voegelin to Central Europe

CTS-04-11 Petr Bob, Dissociation, Forced Normalization and Dynamic Multi-stability of the Brain

CTS-04-12 Z. Konopásek, T. Stockelová, L. Zamykalová, Making pure science/pure politics in the public controversy over the highway bypass of Plzeň

CTS-04-13 B. Balcar, F. Hernández-Hernández, M. Hrušák, Combinatorics of Dense Subsets of the Rationals

CTS-04-14 Ivan Chvatík, Jak je důležité míti filipa (K Platónovu dialogu Charmidés), CFB-04-03

CTS-04-15 Ivan M. Havel, Po nás podoba (esej o umělých lidech)

CTS-04-16 Ivan Chvatík, Prolegomena k fenomenologii smyslu lidského života v pozdních esejích Jana Patočky, CFB-04-05

CTS-04-17 Cyril Říha, Leonardovo teoretické malířství, CFB-04-06

CTS-04-18 Ivan Chvatík, Prolegomena to a Phenomenology of the Meaning of Human Life in the late Essays of Jan Patočka, CFB-04-07

CTS-04-19 Ana Cecilia Santos, Kunst, Philosophie und Opfer. Welche Wahrheit, welches Scheitern? Über drei Praxisformen der dritten Bewegung in Jan Patočka, CFB-04-08

CTS-04-20 Jan Frei, Jenseits von „ausen“ und „innen“. Musik und Stimmung, CFB-04-09

CTS-04-21 Alexander Matoušek, “Le Chef-d’oeuvre inconnu” - mistrovské dílo v 19. století. CFB 04-10

2005

CTS-05-01 Ivan M. Havel, A Structure of Experienced Time

CTS-05-02 Alice Kliková, Jednání a ipseita

CTS-05-03 Ivan Chvatík, Jan Patočka and his concept of an “a-subjective” phenomenology

CTS-05-04 Pavel Kouba, Světy a mezisvěty

CTS-05-05 Lada Hubatová, Vacková, Vnitřní zrak

CTS-05-06 Zdeněk Kalva, Transdisciplinární aspekty kvantového magnetokalorického jevu a kvantové difuze