

Stručná historie supravodivosti

31.10.2005

Následující text je úryvkem z knihy **Nový kvantový vesmír**

Brzy po objevu elektronu si lidé uvědomili, že mnoho vlastností kovů souvisejících s jejich schopností vést elektrický proud lze vysvětlit na základě pohybu elektronů. Odpor kladený elektrickému proudu je způsoben tím, že elektrony se rozptylují při srážkách s poruchami krystalické mřížky daného kovu a při interakcích s vibracemi atomů krystalu. Když snižujeme teplotu, vibrují atomy čím dál méně a očekávali bychom, že odpor kovu dosáhne konstantní hodnoty. U mnoha kovů k tomu skutečně dochází. Bylo tedy o to překvapivější, když se zjistilo, že pokud jisté kovy ochladíme pod určitou kritickou teplotu, jejich elektrický odpor náhle poklesne na nulu. Elektrický odpor normálních kovů způsobuje ztrátu energie a zahřívání daného vodiče; do těchto neobvyčejných materiálů lze naopak zavést proud, který v nich vydrží kroužit celé roky. Takovéto kovy jsou opravdovými „supravodiči“. Fenomén supravodivosti objevil Kamerlingh Onnes, „gentleman absolutní nuly“, ve své laboratoři v Leidenu v roce 1911. V roce 1933 byla objevena další fascinující vlastnost supravodičů. Pokud působíme na supravodič magnetickým polem, vzniknou v tomto kovu elektrické proudy, které působící magnetické pole ve vzájemné součinnosti přesně vyruší. Toto přesné vyrušení je možné pouze díky tomu, že elektrický proud se uvnitř supravodiče nesetká se žádným odporem. To vede k některým ohromujícím jevům. Malý magnet umístěný nad supravodivou miskou se zde bude vznášet díky proudům, které magnet v misce vyvolá. O supravodivé levitaci se vážně uvažovalo jako o metodě, jež by zajistila velmi hladký nosný systém pro vysokorychlostní vlaky. Jak chápat supravodivost? Již v roce 1935 si v Oxfordu bratři Heinz a Fritz Londonové – oba odvedli hodně experimentální i teoretické práce v rané fázi výzkumu supravodičů – uvědomili, že v jakémkoliv výkladu těchto jevů musí hrát zásadní roli kvantová mechanika. Teprve roku 1956 však Leon Cooper přišel s klíčovým poznatkem. Ukázal, že ačkoliv se dva elektrony normálně kvůli svým elektrickým nábojům vzájemně odpuzují, v kovu mezi nimi existuje také nepřímá atraktivní síla způsobená přitažlivostí kladně nabitých iontů krystalické mřížky. Zjednodušeně řečeno, elektron nacházející se mezi dvěma kladnými mřížkovými ionty přitahuje tyto ionty trochu blíže k sobě než obvykle a další elektron tudíž bude celkově pociťovat slabou přitažlivost. Je zde tedy možnost, že tyto dva elektrony budou k sobě vázány a vytvoří „Cooperův pár“. Tyto páry jsou dost zvláštní, protože jsou složeny z elektronů s opačnými rychlostmi, jež v součtu udělejí páru celkově nulovou hybnost. Protože je hybnost tohoto páru přesně určená, musí být navíc podle Heisenbergova principu neurčitosti tyto Cooperovy spárované elektrony velmi rozptýlené v prostoru. Každý pár zaujímá prostor, který je několikatisíckrát větší, než je velikost jednotlivých atomů. Tentýž prostor je obsazen miliony dalších překrývajících se párů.

Vzhledem k našemu rozboru Boseho kondenzace v případě hélia ^3He není příliš těžké uhadnout další krok v této argumentaci. Cooperovy páry se chovají jako bosony: kondenzují a vytvářejí supravodivý stav. To se snadno řekne – ukázalo se však, že je složité přijít s kvantitativní teorií takovéto kondenzace, která by předpovídala nové výsledky. Tento konečný krok učinila trojice fyziků, kteří jsou dnes všeobecně známí jako „BCS“: John Bardeen, Leon Cooper a John Schrieffer. Pracovali na illinoiské univerzitě, kde kvůli nedostatku místa sdíleli Bardeen a Cooper pracovnu. Schrieffer byl Bardeenovým doktorandem a měl stůl v sousední budově spolu s ostatními studenty teoretické fyziky. Pokoušeli se Cooperovu představu, že se vytvoří jediný vázaný pár elektronů, rozšířit na všechny elektrony v daném supravodivém materiálu. To, co se snažili udělat, popisoval později Schrieffer jako hledání „kvantové vlnové funkce, která by udávala takt, podle něž by tančil více než milion milionů milionů párů“. Tento problém se zdál být tak obtížný, že Schrieffer uvažoval změnit téma své doktorské práce a věnovat se oblasti magnetismu. V tomto rozhodujícím období musel jet Bardeen do Stockholmu, aby převzal svůj podíl z Nobelovy ceny za vynález tranzistoru. Než odjel, naléhal na Schrieffera, aby na problému pracoval ještě jeden měsíc. Během tohoto měsíce odhadl Schrieffer takový tvar vlnové funkce Boseho kondenzátu Cooperových párů, který bylo možné matematicky zvládnout. V následujícím měsíci se B, C a S podařilo ukázat, že jejich teorie vysvětluje všechna experimentální data. Paradoxně zjišťujeme, že kovy, které jsou za běžných teplot dobrými vodiči elektrického proudu, mají velmi slabé elektron-iontové interakce a tudíž nejsou za nízkých teplot supravodiči. Jako supravodiče končí spíše látky, které jsou za normálních teplot špatnými vodiči.

Na jaře roku 1986 objevili Johannes Georg Bednorz a Karl Alexander Müller pozoruhodnou věc. Jistý keramický materiál – oxid lantanu barya a mědi – se stal supravodivým při teplotě 35 stupňů nad absolutní nulou. Může se zdát, že nejde o příliš významný výsledek, ale tato teplota přechodu do supravodivého stavu leží o více než 10 stupňů výše než teploty klasických supravodivých materiálů složených z kovů či slitin. Od tohoto původního objevu byly skutečně objeveny supravodiče založené na sloučeninách oxidu měďnatého, které mají teplotu přechodu až 135 stupňů nad absolutní nulou. Tyto takzvané vysokoteplotní supravodiče dávají naději na zcela jinou ekonomiku pokusů a mnoho nových způsobů využití. V porovnání s chlazením látky pomocí kapalného hélia

je používání kapalného dusíku stejně jako používání mléka místo šampaňského!

Tyto vysokoteplotní supravodiče byly objeveny při pokusech s látkami, které měly silné elektron-iontové interakce. To naznačovalo, že lze vysvětlit pomocí tradičních Cooperových párů, nedávne experimenty ovšem ukázaly, že mechanismus vysokoteplotních supravodičů je zásadně odlišný od klasické BCS teorie. Proud je veden podél vrstev tvořených atomárními rovinami oxidu měďnatého, které jsou naskládány mezi izolující vrstvy. Ve většině sloučenin oxidu měďnatého je náboj nesen dírami. Vznik Cooperových párů je obtížné vysvětlit na základě jakékoliv běžné interakce děr. Skutečný mechanismus dosud nebyl nalezen.

Supravodivost nachází uplatnění na mnoha místech. Supravodivé elektromagnety se dnes používají, když chceme dosáhnout silných magnetických polí bez obvyklých ztrát energie, k nimž dochází v elektromagnetech, v jejichž cívkách jsou použity běžné vodiče. Problém vznikne, pokud chceme dosáhnout velice silných magnetických polí. Ve vinutí samotného magnetu dochází k indukování magnetického pole a příliš vysoké magnetické pole může narušit supravodivost cívky. Tento problém lze zmírnit používáním takzvaných supravodičů „II. druhu“. Jde o supravodiče, v nichž není magnetické pole z daného kovu vytlačeno zcela, nýbrž dokáže do supravodiče proniknout tenkými „trubicemi“ magnetického toku. Elektromagnety, které využívají takovýto supravodivý drát, dokážou vytvořit velmi silné magnetické pole. Schopnost supravodičů odstínit magnetické pole lze využít také ke zdokonalení elektronových mikroskopů.

Snad nejnámějšími příklady využití supravodičů jsou „Josephsonův přechod“ a zařízení zvané „SQUID“ (supravodivý kvantový interferenční detektor). Obě využívají objev britského doktoranda Briana Josephsona. Philip Anderson, který je sám také nositelem Nobelovy ceny, si vzpomíná, jak roku 1962 přednášel na univerzitě v Cambridge fyziku pevných látek a mezi studenty byl Josephson:

Mohu vás ujistit, že pro přednášejícího to byl znepokojivý zážitek, protože všechno muselo být správně, jinak by za mnou po přednášce přišel a vysvětlil mi to.

Josephson studoval kvantovou teorii sendvičového materiálu složeného ze tří vrstev – supravodiče, izolátoru a supravodiče, kde výplňová látka, izolátor, tvoří pouze velmi tenkou vrstvu. Ukázal, že Cooperovy páry mohou tímto přechodem protunelovat a díky tomu dochází k velice zajímavým jevům. Jednou z předpovědí bylo, že přechodem bude procházet proud, i když nebude pod napětím! Vypočítal také, co by se stalo v přítomnosti magnetického pole či oscilujícího napětí o velmi vysoké frekvenci doprovázeného konstantním napětím. Posledně zmíněné uspořádání umožňuje velice přesně změřit poměr základních konstant h/e (Planckova konstanta vydělená nábojem elektronu). Josephsonův jev byl použit při měření neuvěřitelně malých rozdílů napětí a lze jej také využít jako citlivý detektor radiace. Když jeden či více Josephsonových přechodů připojíte do elektrického obvodu, můžete vyrobit zařízení, které dokáže nesmírně přesně měřit magnetické pole. Tímto zařízením je výše zmíněný detektor SQUID, který se dnes používá v natolik odlišných oblastech, jako je lékařství a geologie. Všechny tyto aplikace jsou možné díky tomu, že Boseho kondenzace Cooperových párů v supravodiči nám dovoluje pozorovat ve velkém měřítku kvantové jevy, které by jinak byly omezeny na rozměry atomů.

Tento text (+ obrázky, schémata a grafy) je úryvkem z knihy **Nový kvantový vesmír**

Tony Hey, Patrick Walters: Nový kvantový vesmír, Argo a Dokořán, Praha, 2005,

<http://argo.kosmas.cz/detail.asp?id=126447>

<http://www.dokoran.cz/index.php?p=book.php&id=188>

Anotace vydavatele:

"Poutavý a zasvěcený úvod do jedné z nejvlivnějších teorií 20. století určený laikům a založený na příkladech z každodenního života. Máme před sebou knihu, jež na základě středoškolských znalostí dokáže pomoci v podstatě nematematického výkladu zprostředkovat vzhled do základních principů, jimiž se řídí kvantový svět. Autoři se zabývají rovněž oblíbenými kvantovými paradoxy a dávají čtenáři na výběr několik možných vysvětlení. Důležitost kvantové teorie vysvětlí i v souvislosti s nadcházející nanotechnologickou revolucí, která bude zřejmě v tomto století určovat směr rozvoje technologií a spolu s kvantovou kryptografií a kvantovými počítači se přiblíží až na samou hranici snů z oblasti vědecko-fantastické literatury, jíž ostatně autoři vyhradili celou jednu kapitolu v závěru knihy. Srozumitelný a živý výklad je doprovázen četnými pečlivě zvolenými fotografiemi a přehlednými diagramy. Tato působivá a propracovaná kniha je nepochybně čtivým dárkem pro všechny zájemce o tajemnou a lákavou kvantovou teorii."

..--..--..--

Název: zephyre

Autor: karel

Datum: 02.11.05 12:25

tak tohle vam vadi. jak jsem uz napsal, s terminem 1d vir jsem se nesetkal, znal jsem ho proste jako vir, to je snad jedno, i kdybych to znal pod pojmem cokoladovy dort a zeptal se co myslite tim virem tak to neznamená, ze nevim o co jde.

supratekuta faze tece ve vrstvach.

o tomhle jsem fatk slysel prvne od vas. Jen me tak ted napada, jestli tim nemyslíte tenoucky film supratekuteho helia který je natazeny po cele nadobe ve které helium uchovavate(a díky tomu vam z ni helium muze i utect, jak jiste vite).

Pokud ano, je to zas nedorozumneni, ja myslel ze mluvíte o teceni kapaliny rekneme trubkou. Vazne nevím o tom, ze by nekdo pozoroval nejake vrstevnate struktury v supratekutem heliu 4(myslim v objemu, ne ten tenky film).

Název: Karel **Datum:** 04.11.05 00:25

Autor: Navrátil

Pane Karel, zajděte se podívat sem http://www.mageo.cz/public_chatrooms.html?u=hwEQmv0lcFaC5CCxAD&chr_dir=1&c=1250#mark a dejte/vyberte "dvouveličinový vesmír" a tam uvidíte jaké rozporuplné řeči (on by to nazval bláboly) vede Zephira/Srnky sám.

Název: ach jo

Datum: 03.11.05 11:20

Autor: karel

Zephire, vy uz slovickaríte.

napíste sem neco, kde jsem se vazne seknul, zatím vazne vypadate, ze na me nemate rozumny arument.

Vy jste psal m-branach v 3He a uprimne receno, jinde nez u vas jsem tuhle termilogii(z teorie strun - to byly ty struny, co sem furt tahate) v souvislosti s timto predmetem nevidel, lidi kteří se supratekutym heliem pracuji(par jich znam) mluvi vetsinou o virech a virovych listech.

ALE, tohle vsechno je naprosta pitomost, ríkejte si virum jak chcete, pokud budu vedet, ze tim myslíte vir, je to ok.

Ty struny co jsem psal ja - jak jinak byste jednoduse popsal dlouhou tenkou napnutou pruznou vec, myslím ze slovo struna to vystihuje celkem slusne.

Název: Tohle je taky good...

Datum: 03.11.05 09:46

Autor: Zephir

//...vlakna se tedy chovaji jako struny...

...a o několik hodin později..

//..neni mi moc jasne proc sem furt tahate struny, ty se prece pouzivaji pro popis neceho uplne jineho, mensiho

Zkrátka si nevidíte do pusy.

Název: re: karel

Datum: 03.11.05 09:41

Autor: Zephir

Reagoval jsem na vaše tvrzení "v supratekutem heliu nemuze vir zacínat/koncit nekde v kapaline - virove vlakno je vazane na steny nadoby a nebo se uzavre.."

Můžete mi ukázat, kde přesně je na tomto obrázku hladina a proč bych měl o tom s váma ztráct čas další debatou?

<http://tl.tkk.fi/research/theory/vortextbendingwww.gif>

Název: jeste pro Zephira

Datum: 02.11.05 20:48

Autor: karel

Zephire, jeste jedna vec. Ve svem prispevku z 01.11.05 20:58 jste, krom neuspesneho utoku na me tvrzení, ze vir v heliu 4 nemuze koncit v kapaline, ale jen na stene nadoby nebo na hladine(muj prispevek z 01.11.05 19:20), prohlasil "Na zbytek těch nesmyslů je pro mě ztráta času reagovat". Mohl byste prosím napsat, jakych nesmyslu jsem se v onom prispevku vlastne dopustil? Pripadne nejaky i vyvrátit/úvest na

(dle vas) pravou miru.

Název: zephire

Datum: 02.11.05 12:25

Autor: karel

tak tohle vam vadi. jak jsem uz napsal, s terminem 1d vir jsem se nesetkal, znal jsem ho proste jako vir, to je snad jedno, i kdybych to znal pod pojmem cokoladovy dort a zeptal se co myslite tim virem tak to neznamenava, ze nevim o co jde.

supratekuta faze tece ve vrstvach.

o tomhle jsem fatk slysel prve od vas. Jen me tak ted napada, jestli tim nemyslite tenoucky film supratekuteho helia který je natazeny po cele nadobe ve ktere helium uchovavate(a diky tomu vam z ni helium muze i utect, jak jiste vite).

Pokud ano, je to zas nedorozumneni, ja myslel ze mluvíte o teceni kapaliny rekneme trubkou. Vazne nevim o tom, ze by nekdo pozoroval nejake vrstevnate struktury v supratekutech heliu 4(myslim v objemu, ne ten tenky film).

Název: re: karel

Datum: 02.11.05 09:36

Autor: Zephir

//...Ty vrstvy nekdo videl? jak vypada 1d vir? nemate na to odkaz prosim? (nechci ryt, rad bych si o tom neco precetl)

Nechápu, jak někdo může říkat, že dělá do supratekutosti, když klade takovýchle otázky. To je jako kdyby se proklamativní astrofyzik začal ptát, co to sou supernovy a kde se dá přechíst něco o kometách...

Pokud tvrdíte, že člověku kterej prská začínaj docházet argumenty, asi byste neměl prskat ani nad mými komentáři...

Název: ne tak docel zephire

Datum: 02.11.05 08:03

Autor: karel

vetsinou se necpu do diskuse, ke ketere nemem co rict, tedy, o supravodivosti a supratekutosti je sem mel menamlo informaci davno predtim nez jsem sem napsal tech par komentaru. rozhodne jsem si nic neucil za par hodin jak mi tu predhazujete.

zkuste misto trapneho osobniho napadani vyvratit neco z toho, co jsem napsal.

taky uz jsem par diskusemi prosel a vim ze pokud oponent zacne prskat, rozhazovat rukama a prisprostle vas napadat, znamena to, ze mu dochazeji argumenty. Skoro si zacnam myslet ze je to i vas pripad.

Název: re: karel

Datum: 02.11.05 00:54

Autor: Zephir

Mě se omlouvat nemusíte a ani jinak proti vám nic nemám - naopak se dobře bavím...;-)

Jste prostě ten typ, co je zvyklej uvažovat nahlas a když mu na to nikdo neodpoví, získá pocit, že tomu rozumí - nebo tak nějak to bude, ne?

Název: zephire

Datum: 01.11.05 21:33

Autor: karel

sakra co jsem vam provedl? ty otazky na elementarni veci ... nebylo mi jasne jakym jazykem to

hovoríte (chtel jsem si ujasnit terminologii) a stále mi není jasné co přesně je ta supratekuta fáze.

netvrdím že všemu rozumím, ostatně od toho je tu diskuse aby si člověk ujasnil názor na věc.

ten odkaz, moc pěkný, ale zjevně helium 3 - o tom jsem se tuším skoro nezmiňoval a jestli mě tvrzení o vířích, které nemuzou končit v kapalině vyznelo tak, že mám na mysli helium 3, omlouvám se, myslel jsem helium 4. btw, ani na tom obrázku vám žádný vir/virový list nekončí uvnitř fáze A ;)

Název: re: karel

Datum: 01.11.05 20:58

Autor: Zephir

//... v supratekutém heliu nemůže vir začít/končit někde v kapalině - virové vlákno je vázáno na stěny nádoby a nebo se uzavře..

<http://l.tkk.fi/research/theory/vortexbendingwww.gif>

Na tenhle obrázek jste nejspíš nestihl za těch pár hodin narazit. Na zbytek těch nesmyslů je pro mě ztráta času reagovat - ostatní doufám přimějí si ty záležitosti nastudovat trochu pečlivěji.

Musím ale s respektem konstatovat, že jste docela unikát - a to už jsem se pár typama v debatách setkal - ne každému má totiž koule na to se v jednom příspěvku vyptávat na elementární věci a v druhém o nich zasvěceně vykládat.

Tak to sem fakt nežral... :-)

Název: zephire 2

Datum: 01.11.05 20:45

Autor: karel

V heliu 4 vir končí někde v kapalině nevyrobíte, důvody už jsem popsal. O m-branách jsem taky už slyšel, btw, není mi moc jasné proč sem furt taháte struny, ty se přece používají (nebo spis je snaha je použít) pro popis něčeho úplně jiného, menšího:)

Název: zephire

Datum: 01.11.05 20:42

Autor: karel

to co teď píšu jsem věděl už dávno, problém je že na to jsem s neptal. Otázka byla: Co je ta supratekuta složka? Slo mi o nějaký mikroskopický, kvantový popis.

Název: re: karel

Datum: 01.11.05 20:29

Autor: Zephir

No - na to, že jste se ještě dopoledne vyptával na základní informace o proudění v supratekutém heliu se z vás stal mezitím na slovo vzatý odborník a vidím že jste opět připravenější o to s kýmkoliv pohádat...;-) Tragédie je, když se podobný exoti dostanou do řídicích funkcí nebo do vlády - tady snad zas tolik škody nenaděláte.

Nicméně bych vám doporučoval ještě pár detailů nechat lépe strávit, než je začnete kategoricky tvrdit. Např. s jednodimenzionálními víry začínajícími a končícími v kapalině teorie bosonových kondenzátů nemá problém a fázový rozhraní který je vymezuje se v teorii superstrun říká (mem)brána. Čili takové víry nejenže jsou docela dobře možné, ale v M-teorii tvoří vlastně jednu ze

základních topologických struktur.

Název: Piitre

Datum: 01.11.05 19:41

Autor: karel

diky, citim se polichocen:)

Název: sakrys

Datum: 01.11.05 19:38

Autor: karel

ted mi zmizel pridavek na tema viry v supravodicich, no ono je to v podstate totez jako v heliu. Viry vznikaji v suprvodicich 2. typu, kdyz je strcime do silnejsiho magnetického pole - zas se vytvori jadra(temi pole proleza skrz supravodic), ktera jsou obihana vzdy jednim C. parem. To potom vede k potlacení idealního diamagnetismu, vlastního supravodicum, a energetické uspořádkání. Díky tomu supravodice 2. typu snesou hodně silná pole a dají se z nich dělat magnety. Tož asi tak:)

Název: viry v heliu

Datum: 01.11.05 19:20

Autor: karel

nevím proč tomu říkat 1d a 2d vir, je to prostě jen vir, v supratekutém heliu nemůže vir začínat/končit někde v kapalině - virové vlákno je vázáno na stěny nádoby a nebo se uzavře.

Důvod je ten, že v supratekutém heliu nemůže být vir, jak ho známe, protože supratekuta složka je posazena jednou makroskopickou vlnovou funkcí. Rychlost proudění je úměrná gradientu fáze této vlnové funkce. No a pokud máme gradientní proudění v jednoznačně souvislé oblasti (taková oblast, kde lze libovolnou smyčku stáhnout do bodu, třeba pneumatika jednoznačně souvislá není (obecně libovolná oblast skrz kterou vede díra není jednoznačně souvislá), balon je.) tak jeho cirkulace musí být nulová - nemáme viry. Příroda to resi tak, že vytvoří v supratekute složky díry-jadra viru, která jsou tvořena jen normální složkou helia (to je energeticky nevyhodné, proto se viry snaží být co nejkratší), a dokola těchto jader proudí supratekuta složka, tedy vznikne něco jako vir.

Mimochodem teď je vidět proč vir nemůže končit uvnitř supratekuteho helia - vytvořením viru vlastně vyrobíme ne jednoznačně souvislou oblast - snažíme se dosáhnout toho, aby některé pomyslné smyčky nesly stáhnout do bodu - myšlenka je samozřejmě taková, že smyčku navleknem na jádro viru a ona se okolo něj omotá a dál stáhnout nepůjde. No a pokud by jádro končilo v heliu, tak nám z něj smyčka prostě může "sklouznout".

Kvantování viru je dáno tím, že po obehnutí jádra viru se fáze vlnové funkce může změnit jen o násobky 2π (změna fáze o 2π znamená žádná změna vlnové funkce, je to jako posunout se na sinusovce na další kopec, taky nic nepoznáte). Ve skutečnosti jsou všechny viry takové, že fáze se při obehnutí jádra mění o 2π , pokud by vznikl vir kde se mění např. o 4π , rozpadne se na 2 poloviční viry, neb jsou energeticky výhodnější.

Kvantovaná cirkulace tvar viru niak zvlášť neurčuje, ten je prostě dán jen tím že delší vir má větší energii, vlákna se tedy chovají jako struny.

Viry v rotující nádobě s heliem vytvoří šesticetnou mřížku, zase překvapivě proto, že je to tak energeticky nejvýhodnější (nebo jinak, souhlasně rotující viry se odpuzují).

PS: tohle všechno je o heliu 4, u helia 3 jsou věci o dost komplikovanější, kromě viru tam taky vznikají třeba tzv. virové listy (vlastně plochy, skrz které když projdete, tak se rychlost proudění změní skokem)

Název: Re: Piitr

Datum: 01.11.05 14:29

Autor: Zephir

To nevadí, třeba až budete větší, pochopíte i ty věci, na který jednoduše model nestačí.

I když si teda myslím, že zrovna ten můj model s lyžařema je nejnázornější model supravodivosti, co tu zatím upadl - ale jak už tomu v kvantovce bývá, žádný systém nemůže sloužit jako kritérium své vlastní složitosti.

Název: Parada

Datum: 01.11.05 13:59

Autor: Piitr

No parada, není nad diskusi. Konečně jsem se něco zajímavého dozvedel. Teda musím říci, že hlavně od Karla. Ty Zephirovy komentáře jsou na mě nějaký složitý.

Název: Re: 1D
vír

Datum: 01.11.05 11:49

Autor: Zephir

1D vír vypadá právě tak, jako vír při vypouštění vany, vír v heliu se liší akorád tím, že je kvantován, čili má přesně daný tvar a díky tomu může tvořit pravidelné rozestupy (analogii krystalové mřížky, nutné pro vznik bosonového kondenzátu).

2D víry jsou např. vírové kroužky, které umí vypouštět někteří kuřáci.

Název: Víry a 2D brány v 3He

Datum: 01.11.05 11:33

Autor: Zephir

Popis proudění v supratekutém heliu najdete na mnoha místech na internetu, např. zde

<http://l.tkk.fi/research/theory/sheet.html>

Název: omluva

Datum: 01.11.05 09:32

Autor: karel

pratele, ty preklepy prosim ignorujte, odesilam komentare rychleji, nez je po sobe ctu. Diky

Název: Re:re: Karel

Datum: 01.11.05 09:29

Autor: karel

Ty vrstvy nekdo videl? jak vypada 1d vir? a jak vypada ta zatracena supratekuta faze? nemate na to odkaz prosim?(nechci ryt, rad bych si o tom neco precetl)

Název: Re:Re: Jose - vysokoteplotní supravodiče

Datum: 01.11.05 09:25

Autor: karel

Zephire, to o čem tady furt píšu je klasická BCS teorie. Tedy, máte pravdu na vysokoteplotní supravodiče a jiné zajímavosti to nefunguje, tam jsou věci složitější a nerad bych se do nich pouštěl, neb jim natolik nerozumím, že bych mohl být za blbce:)

Název: ->Jose

Datum: 01.11.05 09:20

Autor: karel

"potom se elektrony budou vždy dva pohybovat po kružnici s osou rovnoběžnou se směrem protékajícího proudu, hybnost této soustavy bude úměrná rychlosti tohoto páru ve směru osy a její průměr bude dle principu neurčitosti nepřímo úměrný této rychlosti"

ne. Závazně základní stav Cooperova páru má, pokud vím, kulovou symetrii (podobně jako základní stav v atomu vodíku) a nulový orbitální moment (s-stav), tedy představa s obíháním je sice hezká, ale příliš klasická. Podobně jako se říká že v atomu vodíku elektron obíhá kolem jádra, ale když v základním stavu změříte průmět tohoto orbitálního momentu hybnosti do libovolného směru, dostanete vždy 0 - elektron se "rozplíže" kolem jádra. Pro C. pár je to dost podobně, akorát rozplíže jsou oba elektrony. Tedy pár nemá žádnou osu, jež by se mohla nějak orientovat.

Relace neurčitosti taky fungují trochu jinak, říkájí že součin středních kvadratických odchylek dvou veličin, které nejsou současně měřitelné (poloha - hybnost, průměty momentu hybnosti do dvou různých směrů...) je větší než něco (a to něco je hodně malé). Pokud máte dobře určenou hybnost, tak poloha je velice neurčitá a to v tom smyslu že při opakování experimentu budete částici nacházet na nodne různých místech. Nedojde k tomu, že částice se bude nějak nafukovat (jak jste naznačil s C. párem) prostě jen nebude jasné kde ji najdete, až ji budete hledat:)

Existenci kritického proudu a pole jste odhadl správně, i když za tím stojí něco jiného (supravodivost přestane být v jisté chvíli výhodná, podobně jako supratekutost helia).

"Na druhou stranu, aby se zachovala celková hybnost dané soustavy tak by muselo dojít k jakémusi spárování jader jejichž elektrony se spárovali, tedy daná jádra by se měla začít vzájemně otáčet v opačném směru než příslušné elektrony, rychlostí nepřímo úměrnou poměru hmotnosti jádra a elektronu, k čemuž ale dle pozorování nedochází."

myslím že jste chtěl říct moment hybnosti, ale to je jedno. Jak jsem už psal, páry moment hybnosti nemají, netřeba ho tedy kompenzovat. I kdyby ho měly, může se pro celý krystal vykompenzovat tím, že se ary vyruší navzájem a kdyby se nevyrušily navzájem, krystal se prostě roztoci (Krasný experiment pana Einsteina jste s jedním na kterého si teď nevzpomenu - roztocili kus železa jeho přemagnetováním. Vlastně dosáhli toho, že elektrony měly jako celek nenulový moment hybnosti (zmagnetovali železo, ve kterém je magnetismus dan spinou elektronu) a to se projevilo roztocením celého kusu, tedy roztocením, spíš takovým jemným pootocením, ale to je jedno). Mimochodem, to by znamenalo magnetický supravodiv, což je věc dosud nevidaná.

"proč by se měli dané dva elektrony vzájemně přitahovat"

za to může interakce elektronu s kmity mřížky (to se myslím v článku píše). Velice zjednodušeně si ji lze představit takto: Elektron proletí kolem kladně nabitých iontů v mřížce, ty ač těžké a pomale jeho přítomnost zaregistrují a trochu se vychýlí směrem k jeho dráze. Za elektronem tedy vznikne slabá, lehce kladně nabitá stopa. Do této stopy může být přitahnut další elektron. Ale jak říkám, je to spíš pro představu, neberte to doslovně.

"Ale popravdě řečeno se mi jeví pravděpodobnější výklad pomocí spárování spinů, už proto, že takto vzniklá částice se může míříčkou pohybovat volně a není pro to třeba hledat nějaké násilné vysvětlení."

Spinu se parují taky, to nikdo nepopírá:) Elektrony jsou fermiony a pokud oba chtějí být v základním stavu páru (ted myslím v onom rozplíženém prostorovém základním stavu) tak musejí mít opačné spinu kvůli Pauliho vylučovacímu principu.

Jen tak na okraj. V dokonale mřížce se bez odporu pohybují elektrony, nepotřebujete žádné parování. Odpor pochází právě od nedokonalosti mřížky (ať jsou to poruchy (např. chybějící atom) nebo jenom kmity) a pak od interakci elektronu s elektrony, případně s magnony a všemi dalšími potvory, co v krystalech mohou existovat.

Název: re: Karel

Datum: 01.11.05 01:04

Autor: Zephir

//...a ze nikdo poradne nevi co tam vlastne supratece a jak to poskladat z heliovych atomu.

Domníval jsem se, že toto už je docela jasné po řadu let. Supratekutá fáze tvoří vrstvy složený z jednodimenzionálních vírů proložený normální kapalnou fází a tvoří pro ni jakési mazadlo. Supratekutý hélium se pak chová jako cibule, jejíž šlupky snadno vyklouznou z dlaně, když je zmáčknete v hrsti.

Název: Re: Jose - vysokoteplotní supravodiče

Datum: 01.11.05 00:50

Autor: Zephir

Problém karlova modelu vidím nejen v tom, že obtížně vysvětluje, proč lze měřitelných kritických proudových hustot dosáhnout jen s krystalickými supravodiči, ale i proč existují ty vysokoteplotní supravodiče, resp. čím se liší od těch klasických (s teplotou řekněme do 30K). Je to zkrátka příliš hrubý model.

Na druhé straně model dvojic elektronů prostrkovaných přes díry v mřížce efekt vysokoteplotní supravodivosti vysvětlí snadno. Díry v krystalové mřížce (ve Fermiho povrchu) přes které putují Cooperovy páry přece nejsou nutně statické a pasivní jak dveře od chlíva, ale jsou rovněž tvořeny elektrony. A tyto elektrony mohou být u řady sloučenin látek nepárové, čili okraj díry sám o sobě může vykazovat spin a rezonovat tak s Cooperovým párem - můžete si je představit jako lítací dvířka u baru, které si navzájem podává dvojice zamilovaných elektronů Cooperova páru, když jimi prochází.

Je zřejmé, že čím více elektronů v systému se účastní kooperativního pohybu, tím bude supravodivý efekt výraznější. Vyžaduje to ovšem ještě nižší stupeň symetrie, než může nabídnout obecný třírozměrný krystal - proto vysokoteplotní supravodiče tvoří vrstevnaté paramagnetické slídy s nepárovými elektrony, tvořenými např. atomu mědi a kyslíky ve vysokém oxidačním stupni, uspořádanými v takové vzdálenosti, aby tvořily supravodivé kanály.

Je jasné, že parametry mřížky musí být dost pečlivě vyladěny, aby to celé fungovalo efektivně - čehož se dosahuje vhodným poměrem iontů tvořících supravodivou keramiku. Syntéza HT supravodičů je z tohoto důvodu až dosud spíš alchymie, než exaktní věda.

Název: Zephire

Datum: 01.11.05 00:31

Autor: karel

sice uz spim, ale...

polovodic bylo presne to, na co jsem myslel pri psani o miccich, takže díky za uznání)

o dirach v kondenzatu jsem neslysel(coz muze byt a pravdepodobne i je jen ma chyba)

jinak nechci zavadet umele paradoxy, jen mi to prijde zajimave a z experimentu plyne, ze kdyz se na tohle(*) zeptate cloveka ktery se v oboru pohybuje uz hezkou radku let poskrabe se na hlave a rekne ze vec neni uplne jasna.

(*) konkretne myslim jednu diskusi o supratekutem heliu, vyplynulo z ni to, co uz jsem psal, ze kondenzat neni ona supratekuta slozka(dle Landauova dvoukapalinoveho modelu) a ze nikdo poradne nevi co tam vlastne supratece a jak to poskladat z heliovych atomu. Makroskopicka vlnova

funkce je krásná a užitečná věc, ale vlnová funkce čeho to je?

jo a ty applety jsou pěkné

Název: To Karel

Datum: 01.11.05 00:04

Autor: Jose.

Dobře, pokud přijmeme tento mechanistický pohled potom se elektrony budou vždy dva pohybovat po kružnici s osou rovnoběžnou se směrem protékajícího proudu, hybnost této soustavy bude úměrná rychlosti tohoto páru ve směru osy a její průměr bude dle principu neurčitosti nepřímo úměrný této rychlosti / potažmo hybnosti soustavy /. Energie této soustavy nebude nulová, není to ani nutné. Z čehož plyne že rychlost nemůže být pravděpodobně větší než odpovídá / dle výše zmíněné úvahy / rozměrům krystalické mřížky daného materiálu, tudíž existuje nějaká limitní hodnota proudu kdy vodič daného průřezu a dané struktury ztratí svou supravodivost. Na druhou stranu, aby se zachovala celková hybnost dané soustavy tak by muselo dojít k jakémusi spárování jader jejichž elektronu se spárovali, tedy daná jádra by se měla začít vzájemně otáčet v opačném směru než příslušné elektrony, rychlostí nepřímo úměrnou poměru hmotnosti jádra a elektronu, k čemuž ale dle pozorování nedochází. Nebo by musel každý atom poskytnout elektrony 2, každý s opačným směrem pohybu. Nicméně to neřeší vlastní supravodivost ani důvod, proč by se měli dané dva elektrony vzájemně přitahovat, bude se zde uplatňovat ještě nějaký jiný efekt. Ale popravdě řečeno se mi jeví pravděpodobnější výklad pomocí spárování spinů, už proto, že takto vzniklá částice se může mřížkou pohybovat volně a není pro to třeba hledat nějaké násilné vysvětlení. Tolik tedy úvaha na dobrou noc.

Název: Re: karel

Datum: 01.11.05 00:01

Autor: Zephir

//.. ale nula ac jinak zvana porad bude nulou:)

To je fakt - když pomineme, že Kožený má jachtu a vilu na Bahamách, je skutečně švorc a v zásadě poctivej člověk...;-)

Takhle můžete uměle vyrábět paradoxy (a následné diskuse kolem nich) donekonečna - ale plodnější bývá spíš snažit se o co nejuplněnější popis tím, že se budeme jeho rozporů zbavovat.

Název: Naposledy pohyb

Datum: 31.10.05 23:52

Autor: Zephir

//...ze to co se hybe jsou micky(elektrony)

Za běžných podmínek s tímhle modelem vystačíte (sám ho pro výklad pohybu náboje v polovodičích používám - viz další applet <http://superstruny.aspweb.cz/images/fyzika/Dioda.hta>) - ale jak jsem už řekl, v entanglované soustavě je situace jiná - a to co se hýbe ve bosonovém kondenzátu/vakuu je pouze vlna (vlnový balík) EMG náboje/gravitace.

Když tedy z bosonového kondenzátu v nějakém místě nosič hmoty nebo náboje vyrazíte, vznikne v něm vlna - dolík, která poputuje prostředím úplně stejným způsobem, jako kdybyste do něj naopak elektron hodil.

Na tomhle principu fungují např. umělé atomy - kvantový tečky, což jsou prostě díry v nanometrové vrstvě kovu nebo degenerovaného polovodiče, který se chová jako normální kladný náboje

atomovejch jader - např. se vrtěj kolem společného těžiště elektronů, který je tvořej.

Název: a jeste k nehybani

Datum: 31.10.05 23:49

Autor: karel

ta poznamka byla inspirovana analogickou situaci u kapalneho helia, kde se malokdo odvazi tvrdit, ze kondenzat je supratekuta slozka, uz jen proto, ze mereni naznacuji, ze i za teploty abslutni nuly nezcondenzuje o moc vic jak 10% atomu, zatimco supratekute je pri techto teplotach prakticky vsechno helium(mam na mysli tzv dvoukapalinovy model)

A jdu spat, odpovidam az rano:)

Název: a nehybou a nehybou

Datum: 31.10.05 23:45

Autor: karel

tim nehybou jsem myslel cooperovy pary, jejich zakladni stav je skutecne nulova hybnost paru. Elektrony se obihaji, to jo, ale to nas ted nezajima, par se jak celek nehybe.

mate pravdu, kdyz se toho dost zanedba, tak vlastne nic nezbuje:), ale abyste dostal BE kondenzaci tak skutecne muzete zanedbat vsechno krom hybnosti. To, ze zapoctenim vnitri struktury kondenzujicich castic a podobnych srandicek potom dostanete nenulovou energii zakladniho stavu je bezva, ale nula ac jinak zvana porad bude nulou:) Proste BE kondenzat v zakladnim stavu ma nulovou hybnost(temer nulovou, nikdo nemam nekoneckou laborator), nebo mozna presneji, kdyz se na BE kondenzat divate v tezistove soustave tak zkondenzovane castice(ne jejich podslozky) se nehybou

Název: diry

Datum: 31.10.05 23:32

Autor: karel

interpretovat diru jako dolik na vlně je sice originalni, nicmene zcela zcestne:)

Dira skutecne neni nic jineho nez neobsazeny stav, chybejici elektron. Pro pochopeni pojmu diry je potreba mit predstavu o pasove teorii a Fermiho mori elelctronu, ne ze by to bylo slozite, ale nechce se mi to ted rozepisovat. Kazdopadne z analogii je dire nejbliž asi tato:

Predstavte si radu lidi, kteri maji kazdy jeden mickek. Jednomu(nekolika) ten mickek seberte a vsem reknete at predaji mickek sousedovi pred sebou. Pokud soused sam ma mickek nemuze si ho vzit(jev ze by cela predavka probehla najdnou je dost nepravdepodobny) preda se tedy jen par micku v mistech kde nejake chybi. Micky(elektrony) se pohnuly dopredu a lidi bez micku(diry) dozadu. Dynamika pohybu der je plne urcena dynamikou elektronu(pokud predavka elektronu trva dlouho bude i predavka diry trvat dlouho).

Pouzivani konceptu der je uzitecne hlavne proto, ze se zbavime popisovani te spousty elektronu(lidi s mickem v jejich susedstvi nikomu mickek nechyl), ktere se nehybou, to potom cini uvahy o poznani prehlednejsi, nic to ale nemeni na faktu, ze to co se hybe jsou micky(elektrony).

Název: Rotační pohyb

Datum: 31.10.05 23:23

Autor: Zephir

..krom toho jste se vy sám zmínil, že se elektrony v párech navzájem obíhají, což je právě ten pohyb, který je výsledkem vzájemné interference vlnových funkcí jednotlivých elektronů (skládáním vibrací můžeme získat komutativní transformaci $SO(n)$, čili rotaci - viz kolo na klikové hřídeli).

Je tedy zbytečný zavádět do modelu umělé paradoxy tím, že jeho podstatný části zanedbáme (dtto "...pokud jsou páry v základním stavu, tak se přece nehybou a nemuzou nest proud"...).

Název: Re: karel

Datum: 31.10.05 23:06

Autor: Zephir

//..když zanedbáme vnitřní strukturu částic, které necháváme kondenzovat a také zanedbáme všechny interakce mezi nimi .. můžeme ptakoviny typu částice v krabici pro makroskopickou krabici klidně zanedbat.

Tak jistě - pokud zanedbáme že se jmenujete karel, můžete být nakonec vlastně někdo docela jiný téhož jména...;-) Faktem je, že vnitřní energie pohybu částic vyjádřená spinem nezmizí a zůstane právě ten rotační pohyb (moment).

I kdybych připustil, že částice stojí víceméně na místě, děje se tak za cenu toho, že jsou rozprostřeny po mnohem větší ploše, po které se převalují typickým kvantově mechanickým pohybem jako světelný skvrny na hladině - viz applet na hraní:

<http://superstruny.aspweb.cz/images/fyzika/quantum/schrodinger.htm>

V konečném důsledku právě tyto jevy zanedbat nemůžete a částice náboj vedou i v základním stavu tak že si ho podávají od jedné ke druhé. Ani pohyb částic ve vakuu neznamená, že skrz něj plují nějaké částice sem a tam. To co se vakuem pohybuje jsou gravitační vlnové balíky, které skáčou z jedné kvantové smyčky na druhou (říkáme, že časoprostor je ve vakuu kvantován).

Částice tudíž nemají setrvačnost, tu jim dává až deformace vakua, která přeskoky doprovází. Podobně to, co se po bosonovém kondenzátu kolektivní vlnou přesouvá je pouze náboj, který se v takovém prostředí šíří jako vlna v rybníce, čili jako boson.

Název: k základnímu stavu

Datum: 31.10.05 22:39

Autor: karel

Když zanedbáme vnitřní strukturu částic, které necháváme kondenzovat a také zanedbáme všechny interakce mezi nimi, a tedy uvažujeme jen pohybové stupně volnosti, dostaneme nejjednodušší modelový systém pro B-E kondenzaci a stav do kterého nám budou částice kondenzovat skutečně odpovídat $p=0$. Ptakoviny typu částice v krabici a s tím spojená nenulová hodnota $(\Delta p)^2$ můžeme pro makroskopickou krabici klidně zanedbat. Tedy energie základního stavu je nulová a odpovídá nulové rychlosti částic v kondenzátu. Započteme-li vnitřní strukturu, přidá nám to k této nule nějakou konstantu, to je ale v podstatě jedno. Pokud uvažujeme interakce, situace se podstatně zkomplikuje, rozhodí se teplotní závislosti a ani při nulové teplotě nemusí být v kondenzátu všechny částice.

nulové kmity jsou prima, pokud máte oscilátor, nebo obecněji částici vázanou v konečné prostorové oblasti, ale pro volnou částici (nebo N neinteragujících částic) ve vakuu a mimo pole je prostě základní stav žádný pohyb (a tedy nulová kinetická energie)

Název: Základní stav

Datum: 31.10.05 22:17

Autor: Zephir

//..pokud jsou páry v základním stavu, tak se přece nehybou a nemuzou nest proud:)

Energie základního stavu přece není nulová energie. S tímto omylem se lze běžně setkat i v docela odborných učebnicích, nejčastěji ve formě tvrzení: "při absolutní nule ustane ve hmotě veškerý pohyb". Něco takového ale právě není podle základních principů kvantové mechaniky možné. Stejně jako je hladina vody i v úplném klidu neustále deformována Brownovým pohybem molekul, podobně je poloha a tvar částic neustále modulována gravitačním pohybem vakua.

Fakticky to vede k tomu, že elektrony i všechny hmotné částice se bosonovém kondenzátu vzájemně točí s rychlostí odstupňovanou kvantem energií základního stavu, tzn. jsou vůči sobě pootočený o konstatní úhel, tvoří tedy jakési vrstvy ve kvantově provázaném stavu, neboli Higgsovu mřížku, které se vůči sobě nevyměňují energii a pohybují se tedy bez odporu. Podobně jsou zřejmě uspořádány kvantové smyčky gravitace tvořící vakuum.

Název: Kvantová mechanika

Datum: 31.10.05 21:04

Autor: Zephir

//..chování děr lze popsat stejně jako kdyby se jednalo o částice, kvantová fyzika je někdy opravdu zvláštní

Kvantové mechanice se občas říká "vlnová mechanika" - základem jejího scénáře totiž je, že částice provází vlna, která interferuje s vibracemi vakua podobně, jako třeba fáborek vlající ve větru interferuje s Brownovým pohybem molekul vzduchu. Rozvlnění vakua působí efekt gravitační čočky a deformují tvar částic i všechny fyzikální vlastnosti s ním spojené podobně, jako vlna tvořící se nad rybou plující pod hladinou deformuje obraz ryby.

Z tohoto pohledu se vlnový chování "kopečků vln" čili částic neliší od chování "dolíků", čili míst s nižší hustotou hmoty/energie - je to symetrická úloha.

Název: Princip supravodivosti..

Datum: 31.10.05 20:53

Autor: Zephir

...je skutečně jednoduše, ale mnohokrát jsem se přesvědčil, že mu většina vědátorů rozumí jen napůl. Poznáte to okamžitě, jakmile je to necháte vysvětlovat. Ani tady se zatím ke správné odpovědi nikdo nepřiblížil...

V pochopení vám pomůže tenhle interaktivní applet (pouze pro MSIE):

<http://superstruny.aspweb.cz/images/fyzika/superconductivity.hta>

Nefunguje-li vám applet, musíte vzít za vděk následujícím příměrem: představte si hejno lyžařů pádlujících kopečkovitou krajinou na běžkách. Většina z nich se přitom musí neustále drápat z kopce a zas do kopce a vyčerpává se.

Pokud je ale krajina pravidelně kopečkovitá, mohou si lyžaři usnadnit život tím, že se navzájem spojej po dvojicích hůlkama. A pokud bude vzdálenost hůlek srovnatelná s vlnovou délkou kopečků, pak bude jeden z dvojice vytlačovat nebo táhnout druhého na opačné straně kopečku-úžlabiny. Výsledný efekt bude prakticky tý, jakoby se oba pohybovali po rovině

<http://superstruny.aspweb.cz/images/fyzika/lyzari.jpg>

Podotkněme, že elektrony vyzařují energii ve formě fotonu vždy, když se pohybují nerovnoměrně a/nebo nepřímochaře. Vznik Cooperovejch párů je vlastně proces kondenzace (spontánního narušení

symetrie) v takovém uspořádání, že kdykoliv jeden z dvojice elektronů vyžáří foton, druhý v protifázi je připraven jej zachytit, což je prostrčí skulinou mezi atomy v mřížce o jednu elementární buňku dál.

Což vysvětluje mj. fakt, že ke supravodivosti dochází jen v krystalických látkách - ve skelné fázi schází ona pravidelnost krystalové mřížky, jejíž kmity rezonují s kmity EMG pole v Cooperových párech (spinspinovými interakcemi).

Přítomnost magnetického pole Cooperovy páry rozruší, protože se souhlasně se pohybující elektrony v magnetickém odpuzují (podobně, jako se odstrkují dva dráty, pokud jimi prochází proud stejným směrem). Proto je magnetické pole z oblaku Cooperových párů vytlačovaný, ale pokud do něj pronikne, způsobí prudký pokles limitní proudové hustoty, protože páry rozpojuje.

A protože takové magnetické pole působí i samotný průchod proudu supravodičem, vyplývá z toho, že každý supravodič má jen omezenou proudovou hustotu, nad kterou supravodivý efekt nevratně mizí. Ta se nesmí překročit, jinak v důsledku indukčností nastřádané energie může dojít až k explozi materiálu.

Podotkněme, že tvorba Cooperových párů je spontánní proces, ke kterému dochází i kapalinách. Tvorba tzv. Karmánových vírů je právě důsledek spontánního narušení symetrie - dvojice protisobě rotujících vírů putují kapalinou snadněji, pokud cestují v pevně daných rozestupech (tzv. Karmánova ulička) a jsou tak dokladem, že turbulence nemusí působit jen tlakové ztráty, ale pokud je v tzv. přechodném režimu, může je naopak kompenzovat. Řízené tvorby bosonických vírů využívá řada živočichů, např. delfíni ke snížení tření, nebo snížení hluku při pohybu prostředím (sovy). Podobnou tvorbou bosonických vírů lze ostatně vysvětlit i vlastnosti samotného vakua.

Kdo chce vědět víc: <http://193.85.233.106/.chatroom/67006>

Název: -> Robert

Datum: 31.10.05 19:24

Autor: karel

Velice zjednodusene receno.

Kdyz normalnim dratem prohanite proud, ztracite te energii diky tvorbe ruznych excitaci, coz je zakladem vzniku elektrickeho odporu.

Pokud supravodicem prohanite supraproud, zadna excitace nevznikne, tedy nebudu ztraty a ani odpor.

Duvod je zhuba ten, ze zatimco v normalnim dratu se mohou elektrony srazit a tim prispet ke vzniku el. odporu, tak pro Cooperovy pary to neni tak jednoduche(*). V oblasti o rozmeru jednoho paru se nachazi teziste radove milionu dalsich paru, tyto pary jsou navzajem pomerne tesne svazany(**), nemuzete tedy dojit jen k dvouparove srazce, potrebujete slozitejsi poruchu, na kterou ale nemate energii.

(*)ac jsem v predchozim prispevku naznacoval, ze s interpretaci Cooperovych paru coby nosicu supravodiveho proudu mohou byt potize, mluvi pro ni mnoho experimentu, ktere ukazuji, ze v supravodicich se skutecne elektrony, ktere zodpovidaji za vedeni proudu, pohybují po dvojicich.

(**) libovolne slaba pritazлива interakce nestaci ve 3D prostoru na vytvoreni vazaneho stavu. Pokud odhadnete silu pritazlive interakce ktera stoji za vznikem Cooperovych paru, vyjde vam, ze by vlastne vznikat nemely, interakce sama na to nestaci. Pomaha ji Pauliho vylucovací princip, ktery klade dalsi omezeni na vlnove funkce elektronu v paru. Cooperuv par tedy muze existovat jen pokud je kolem more dalsich elektronu, ktere omezují vlnove funkce elektronu v paru. V supravodici se tedy elektrony jednak parují, ale zaroven tvori omezeni pro dalsi elektrony, aby i ony se mohly parovat, to prave vede k one "provazanosti" paru.

Jeste bych prihodil neco ze supratekutosti:), je to dost pribuzne a snad to pomuze. Tedy, dle pana Landaua za vznik viskozity mohou opet excitace. V supratekutem heliu 4 maji ale excitace takove energeticke spektrum (k videni napr. na <http://darkwing.uoregon.edu/~rjd/bd2.htm> coby Figure 1), ze pokud porovname dve alternativy:

1) kus tekutiny o hmotnosti M , pohybujici se rychlosti V

2) kus tekutiny pohybujici se rychlosti $V-p/M$ a excitace s hybnosti p pohybujici se stejnym smerem jako tekutina (excitace tedy "ukradla" tekutine kousek hybnosti o velikosti p), tak ta druha nam vyjde pro rychlosti mensi nez tzv. kriticka rychlost (par desitek m/s) jako energeticky nevyhodna, pro vyssi rychlosti je naopak vznik excitaci vyhodny, a tedy supratekutost zanika.

Helium je supratekute, proze se mu "nevypati" vytvaret excitace, ktere by jeho pohyb brzdiy. Pokud prekrocime kritickou rychlost, supratekutost zanika, protoze excitace uz vznikaji samovolne (uz se vypati).

Název: ->Jose

Datum: 31.10.05 17:29

Autor: karel

pokud se na ty elektrony divate v tezistove soustave, coz je ve fyzice caste, tak maji opacne i rychlosti, neb se díky efektivni pritazlive interakci navzajem obihaji.

Navic B-E kondenzace probiha v prostoru hybnosti - kondenzat Cooperovych paru je v zakladnim stavu (s nejmensi energii), a tedy se nehybe (a elektrony v parech maji opacne rychlosti).

Mimochodem, tohle docela komplikuje interpretaci kondenzatu Cooperovych paru coby nosice supravodivosti - pokud jsou pary v zakladnim stavu, tak se prece nehybou a nemuzou nest proud:)

Název: Článek

Datum: 31.10.05 16:41

Autor: RobertMichalovic

Nevím, jestli bych ji doporučoval k učení. Po přečtení článku jenž je zajímavě napsán mě na něm chybí jen jedna věc. A to že to není dokonale vysvětleno. Já osobně jsem z toho článku princip (myšlenku) supravodivosti nepochopil. Mě se zdá že tam není zřetelně vysvětlena.

Název: Už ji mám skoro přečtenou

Datum: 31.10.05 08:42

Autor: sed

Perfektní knížka. Mohla by sloužit jako učebnice na střední škole.

Název: Upřesnění

Datum: 31.10.05 07:46

Autor: Jose

"Tyto páry jsou dost zvláštní, protože jsou složeny z elektronů s opačnými rychlostmi", myslím že spíš s opačnými spiny, vtip je v tom že jejich spojením vznikne právě pseudočástice s celočíselným / nulovým / spinem, jestli si to tedy dobře pamatují. Jinak mně stále a stále udivuje, že chování děr lze popsat stejně jako kdyby se jednalo o částice, kvantová fyzika je někdy opravdu zvláštní.