بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فیزیک

گروه فیزیک حالت جامد و الکترونیک

۱۰/۷/۱۳۸۱

پایان نامه:

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد دررشته فیزیک حالت جامدوالکترونیک

عنوان:

مطالعه ابررساناهای گرم ازنظرساختاروخواص فیزیکی، بررسی وآنالیزنمونه های ابررساناهای $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ *موجود توسط* XRD *واندازه گیری خواص فیزیکی آنها*

استاد راهنما:

دکترنوشین برادران سید

اساتید مشاور:

دکترپرویزحوایی

دکترعبدالعلی عالمی

پژوهشگر:

مرتضی علی ملازاده

۴۲۵۱۶

شهریورماه ۱۳۸۱

بسم الله الرحمن الرحیم

تقدیروتشکر:

حمد وسپاس بی کران به درگاه یزدان پاک ، که نعمت فراگیری علم را به من ارزانی فرمود و فرصتی عطا فرمودند که این تحقیق مختصربه انجام رسد.

ازپدرومادرزحمتکش ومهربانم سپاسگزارم که همواره مرا درزندگیم یاری کردند.

شایسته است که پیش ازهرسخنی از استاد گرانقدر خانم دکترنوشین برادران سید که الگوی اخلاق وگذشت وصداقت می باشند، بخاطر رهنمودها و راهنماییهایشان درانجام رساندن این پروژه نهایت سپاسگزاری را داشته باشم.

برخود لازم می دانم ازاساتید محترم دکترپرویزحوایی ودکتر عبدالعلی عالمی که مشاوربنده دراین پروژه بودند به خاطرکمکهاومساعدتهایشان تقدیروتشکرکنم.

همچنین ازاستاد ارجمند آقای دکترمنوچهرکلافی که زحمت داوری این پروژه را پذیرفتند کمال تشکررا دارم.

بجاست که از تمام اساتیدی که در مدت تحصیلم از محضر آنان استفاده برده ام کمال سپاس و مهر و ادبم را بیان دارم. همچنین ازهمکاریها و مساعدتهای صمیمانه آقایان دکترعسکری ، دکتراسدپور، دکتراحدپوروخانم لطف الهی درطول انجام این پروژه سپاسگزارم.

درانتهاازکلیه دانشجویانی که دراین کار با بنده همکاری کردند وازهمه کارکنان محترم مرکز پژوهشی فیزیک کاربردی و کتابخانه دانشکده فیزیک تشکر و قدردانی می کنم.

مرتضي علي ملازاده

تقدیم به:

پدرومادروبرادران وخواهرانم

حامیان ومشوقان همیشگی

که دعایشان همیشه شامل حالم بوده است.

نام خانوادگی: **ملازاده** نام: **مرتضی علی**

عنوان پایان نامه:**مطالعه ابررساناهای گرم ازنظرساختاروخواص فیزیکی،بررسی وآنالیزنمونه های ابررساناهای $YBa_2Cu_3O_{6+X}$ موجودتوسط XRD واندازه گیری خواص فیزیکی آنها**

استادراهنما: **خانم دکترنوشین برادران سید**

اساتیدمشاور: **دکترپرویزحوایی-دکترعبدالعلی عالمی**

مقطع تحصیلی:**کارشناسی ارشد** رشته:**فیزیک** گرایش:**حالت جامدوالکترونیک** دانشگاه:**تبریز**

دانشکده: **فیزیک** تاریخ فارغ التحصیلی: **شهریورماه ۱۳۸۱** **تعدادصفحه: ۱٤۰**

کلیدواژه ها: **ابررسانایی- YBCO -دمای بحرانی-کلوخه سازی**

چکیده:

دراین کارتحقیقی تجربی نمونه هایی از ابررساناهای گرم YBCO (Y-123) درشرایط متفاوت سنتزگردید. برروی نمونـه هـای YBCO سنتز شده آزمایشات پراش پرتو x (XRD) وآنالیزشیمیایی تیتراسیون ید سنجی(IT)انجام و دمـای گـذار نمونـه هـا از اندازه گیری مقاومت الکتریکی با روش چهارمیله أی مشخص گردید. مشاهده شدکه باکـاهش عمـدی مقداراکسیژن درنمونه های سنتزشده ، دمای گذار(T_c) کاهش یافته وپهنای گذار ΔT_c افزایش مـی یـابد، همچنیـن با اندازه گیری پارامترهای شبکه ای برحسب مقداراکسیژن نمونه هاکه ازآنالیز XRD بدست آمـد مشاهده شدکه نسبت ارتورومبیسیتی برحسب مقدار اکسیژن موجود درنمونه ها بطور خطی کاهش می یابد. کـه نمایشـگرتمایل بـه سـمت فاز تتراگونال (فاز عایق) است. بررسی منحنی های R-T والگوهای پراش XRD نشان دهنده تکفازبودن نمونه های سنتز شده می باشد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
فصل اول: خواص عمومی ابررساناهای متعارف	
۱-۱- مقاومت صفر ابررسانا ($\rho = 0$)	۵
۱-۲- خاصیت دیامغناطیس کامل یک ابررسانا و اثرمایسنر	۷
۱-۳- چگالی جریان پوششی و چگالی جریان بحرانی	۹
۱-٤- نظریه' لندن	۱۰
۱-۵- عمق نفوذ	۱۲
۱-٦- میدان مغناطیسی بحرانی	۱٤
۱-۷- ترمودینامیک ابررساناها	۱۵
۱-۷-۱- میدان بحرانی ترمودینامیکی	۱۵
۱-۷-۲- آنتروپی یک ابررسانا	۱٦
۱-۷-۳- ظرفیت گرمایی در حالت ابررسانایی	۱۸
۱-۸- طول همدوسی	۲۰
۱-۹- پارامتر گینزبرگ- لانداؤ	۲۱
۱-۱۰- خواص مغناطیسی ابررساناها	۲۲
۱-۱۱- فاز شابنیکوف (آمیخته)	۲٤
۱-۱۲- اندرکنش الکترون- فونون- الکترون	۲٦

۱-۱۳- نظریهٔ BCS و زوجهای کوپر ۲۹

۱-۱٤- گاف انرژی ۳۰

۱-۱۵- اثر فشار در ابررساناهای متعارف ۳۳

فصل دوم: خواص فیزیکی ابررساناهای دما-بالا (گرم)

مقدمه ۳٦

۲-۱- خواص بنیادی ابررساناهای گرم ۳۸

۲-۲- ساختار بلوری ٤۰

۲-۳- طول همدوسی ٤۱

۲-٤- عمق نفوذ ٤۲

۲-۵- مقایسه ابررساناهای دما-بالا با ابررساناهای متعارف و نظریه BCS ٤۳

۲-٦- میدانهای بحرانی ٤۵

۲-۷- جریان بحرانی ٤۷

۲-۸- گاف انرژی ۵۰

۲-۹- اثر ناهمسانگردی ۵۰

۲-۱۰- اثر فشار ۵۱

۲-۱۱- حالت رسانش نرمال در ابررساناهای اکسیدی ۵٤

۲-۱۲- امکان وجود مکانیزم غیر فونونی جفت شدن الکترونها ۵٦

۲-۱۳- دمای بحرانی T_c تا چه مقدار می‌تواند بالا باشد؟ ۵٦

۲-۱٤- ساختار بلوری ترکیبات YBCO ۵۹

۲-۱۵- اثر آلایش اکسیژن در ابررساناهای اکسیدی ٦٤

۲-۱٦- مدل ساده برای اکسیدهای لایه‌ای ٦٥

فصل سوم: روشهای معمول برای ساخت نمونه‌های ابررسانایی دما-بالا

مقدمه ۷۰

۳-۱- کلوخه‌سازی ۷۱

۳-۱-۱- روش واکنش حالت جامد ۷۲

۳-۱-۲- روشهای شیمیایی محلول ۷۵

۳-۱-۳- روش ذوب ۷۷

فصل چهارم: دستگاهها و روش تجربی سنتز نمونه‌های YBCO

مقدمه ۸۰

٤-۱- دستگاهها ۸۱

٤-۱-۱- ترازوی الکترونیکی (بادقت ۰/۱ mgr) ۸۱

٤-۱-۲- کورهٔ الکتریکی با محفظهٔ مکعبی بسته (مدل آتش ۱۲۰۰) ۸۲

٤-۱-۳- کورهٔ الکتریکی افقی باز با سیستم کنترل کامپیوتری (مدل اخگر ۱۱۰۰) ۸۳

٤-۱-٤- آون ۸۷

٤-۱-٥- دستگاه‌پرس ۸۸

٤-۱-٦- دستگاه پراش پرتو X (مدل D500) ۸۹

٤-۲- روش تجربی سنتز نمونه‌های YBCO ۸۹

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

٤-٢-١- شستن ظروف ٨٩

٤-٢-٢- آماده‌سازی مواد اولیه ٩٠

٤-٢-٣- توزین پودرها ٩٠

٤-٢-٤- مخلوط کردن پودرها ٩١

٤-٢-٥- قرص کردن نمونه‌ها ٩٢

٤-٢-٦- تکلیس ٩٣

٤-٢-٧- کلوخه‌سازی ٩٦

٤-٢-٨- جدول مراحل ساخت نمونه‌ها ٩٩

٤- ٣- آزمایش آنالیز شیمیایی تیتراسیون یدسنجی (IT) ٩٩

٤-٤- روش چهار میله ای برای اندازه گیری مقاومت الکتریکی ویژه نمونه های YBCO ١٠٠

فصل پنجم : مشخصه یابی و نتایج تجربی

مقدمه ١٠٣

٥-١- مشخصات نمونه های سنتز شده ١٠٣

٥-٢- نتایج حاصله از نقشه های پراش پرتو x (XRD) ١٠٥

٥-٣- بررسی مقاومت الکتریکی نمونه های YBCO سنتز شده ١١٥

٥-٤- بحث و نتیجه گیری ١٣٢

پیشنهادات ١٣٥

مراجع ١٣٦

Abstract ١٤٠

مقدمه:

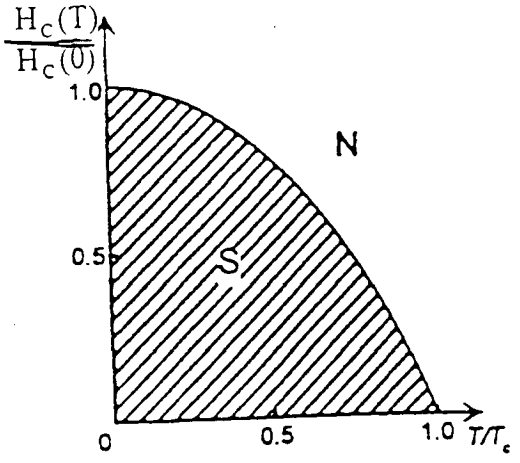
بی تردید ابررسانایی پدیده جادویی فیزیک قرن بیستم می‌باشد. این پدیده در ابتدای قرن بیستم کشف شد. ابررسانایی به ترکیب جالب خواص الکتریکی و مغناطیسی فلزات مشخصی که در درجات خیلی پایین در آنها بوجود می‌آید اطلاق می‌شود. یک چنین دمایی اولین بار در سال ۱۹۰۸ وقتی که فیزیکدان هلندی بنام هیک کامرلینگ انس [1] در دانشگاه لیدن موفق به تولیدهلیوم مایع گردید حاصل شد[۱]. یکی از اولین بررسیهایی که اونس با درجه حرارتهای پائین قابل دسترس انجام داد مطالعه وابستگی دمایی مقاومت الکتریکی فلزات بود. چندین سال قبل از آن معلوم شده بود که مقاومت فلزات، وقتی دمای آنها به پائین تر از دمای اتاق برسد، کاهش پیدا می کند. اما حدود کاهش مقاومت در حد دماهای بسیار پایین مشخص نبود. اونس در حین کار با پلاتین متوجه شد که مقاومت نمونه در اثر سرد شدن تا مقدار بسیار کمی کاهش پیدا می‌کند و این کاهش به خلوص نمونه بستگی دارد. در آن زمان خالص ترین فلز قابل دسترس جیوه بود و در تلاش برای به دست آوردن رفتار یک فلز خیلی خالص، اونس مقاومت جیوه خالص را اندازه گیری کرد. او متوجه شد که دردرجات‌حرارت خیلی پائین مقاومت جیوه تا حد غیر قابل اندازه گیری کاهش پیدا می‌کند که البته این موضوع زیاد شگفت انگیز نبود اما نحوه از بین رفتن مقاومت غیر منتظره بود، موقعی که درجه حرارت به سمت صفر تنزل داده می شد به جای اینکه مقاومت به آرامی‌کاهش یابد در درجه حرارت حدوداً ٤ K ناگهان افت می‌کرد و پائین تر از این درجه حرارت جیوه هیچ گونه مقاومتی از خود نشان نمی‌داد. همچنین این گذار ناگهانی به حالت بی مقاومتی فقط به خلوص فلز مربوط نمی‌شد بلکه حتی در جیوه ناخالص نیز. این حالت اتفاق می‌افتاد.اونس قبول کرد که پائین تر از ٤ K جیوه به حالت دیگری از خواص الکتریکی که کاملاً با حالت شناخته شده قبلی متفاوت می‌باشد منتقل شده است و این حالت تازه، حالت ابررسانشی نام گرفت. مدت کوتاهی پس از کشف

1- Heike Kamerlingh Onnes

ابررسانایی در جیوه، این خاصیت در سایر فلزات مانند قلع ، سرب ، ایندیـــم ، آلومینیـم ، نیوبیـوم و غیره یافت شد.همچنین معلوم شد که تعداد زیادی آلیاژ و ترکیبات بین فلزی نیز ابررسانا هستند [۲].

دمایی را که در آن دما، گذار از حالت رسانش نرمال به حالت ابررسانشی رخ می دهـد، دمـای بحرانی[1] می‌نامند و با T_c نشان می‌دهند. این دمای بحرانی برای نمونه های مختلف متفاوت می‌باشـد. زمان کوتاهی پس از این کشف معلوم شد که نه تنها با گرم کردن نمونه بلکه با قـرار دادن نمونـه در میدان مغناطیسی نسبتاً ضعیف می‌توان ابررسانایی را از بین برد این میدان را میدان بحرانی ابررسانایی نامیده و با H_c نشان می‌دهند. میدان بحرانی تابع دما می‌باشد این وابستگی دمایی میدان بحرانی به صورت شکل (۱) و با رابطه تجربی زیر بیان می‌شود[۲] .

$$H_c(T) = H_c(0)\left[1-(\frac{T}{T_c})^2\right]$$



شکل(۱): وابستگی دمایی میدان بحرانی

ابررساناها بر حسب رفتارشان در میدان مغناطیسی به دو دسته تقسیم می‌شوند: ۱) ابررساناهای نوع I که اغلب فلزات هستند. ۲) ابررساناهای نوع II که عموماً آلیاژها وترکیبات شیمیایی هستند.

پس از کشف پدیده ابررسانایی توسط اونس در سال ۱۹۱۱، شـاخه جدیـدی از فـیزیک بنـام ابررسانایی بر روی دانش پژوهان رشته فیزیک باز شد و به خاطر وجود مسائل جالب و مبـهم آن ،

1 - Critical Temperature

تعداد زیادی از محققان در این شاخه مشغول به تحقیق شدند و کوششهای فراوانی برای یافتن عناصر و ترکیبات ابررسانا با دمای بحرانی بالاتر صورت گرفت. پس از کشف ابررسانایی و علی رغم شناخت اهمیت آن، برای چندین دهه هیچ گونه تلاشی در جهت استفاده عملی از آنها انجام نشد. مانع بزرگی که در بکارگیری ابررسانا وجود داشت، اولاً عدم امکان دستیابی به دمای فوق العاده کم مورد نیاز بود. ثانیاً عدم توانایی ابررسانا در تحمل میدانهای مغناطیسی بزرگ بود. دانشمندان با ترکیب برخی مواد با هم دمای بحرانی ابررسانایی را تا حدودی بالا بردند بطوریکه در سال ۱۹۳۳ این دما در حدود ۱۰K بود. در سال ۱۹٦۹ این دما به دو برابر یعنی ۲۰ K رسید[۳]. که در این دما از هیدروژن مایع نیز به عنوان سرد کننده استفاده می‌شد. بالاترین دمای انتقال در سال ۱۹۷۳، در ترکیب Nb_3Ge بود که در حدود ۲۳/۳ K گزارش شد [۸]. تا اینکه در سال ۱۹۸٦ دو پژوهشگر به نامهای الکس مولر وجورج بدنورز[1] در موسسه آی.بی. ام زوریخ ماده‌ٔ سرامیکی جدید ابررسانشی به صورت La-Ba-Cu-O با دمای بحرانی ۳۰ K را کشف کردند[٤]. این پدیده منجر به کشف موادی به نام ابررساناهای گرم یا HT_c گردید. در اواخر سال ۱۹۸٦ دمای بحرانی تا ۳۹K افزایش یافت. تا اینکه در فوریه سال ۱۹۸۷ دکتر چینگ و وچو[2] و همکارانش در دانشگاه هوستون[3] کشف ابررسانای جدیدی با دمای بحرانی ۹۲ K را که در سیستم Y-Ba-Cu-O مشاهده شده بود گزارش نمودند [۲۵].

سیستم مذکور، یعنی $YBa_2Cu_3O_7$ به سیستم ۱ ۲ ۳ معروف شده است. علت این نامگذاری، نسبت بین یونهای فلزی موجود در این سیستم است. بدین صورت مشکل سرد کننده نیز از سر راه برداشته شد. زیرا دمای ازت مایع ۷۷K می‌باشد که بسیار پایین تر از دمای بحرانی ابررسانای گزارش شده بود، مزیت دیگر ازت نسبت به هلیوم این است که به راحتی و با استفاده از ظروف عایق قابل حمل است و از لحاظ اقتصادی با صرفه می‌باشد.و در سال ۱۹۸۸ گزارشهایی از ابررساناهای جدید

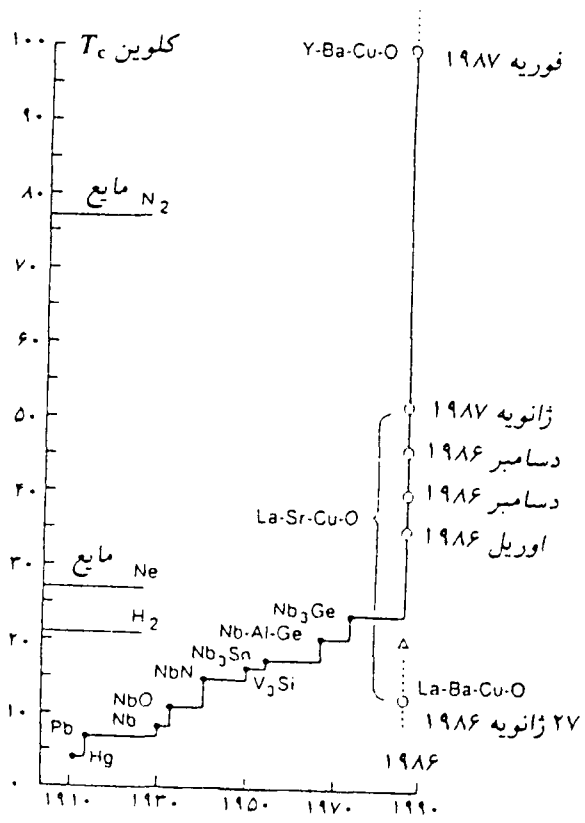
1- Alexmuller and George Bednorz
2- Ching- Wu(paul)cha
3- Houston

بر پایهٔ بیسموت (Bi) در سیستمهای Bi-Sr-Ca-Cu-O با دمای گذار تا ۱۱۰ K و بر پایهٔ تالیم (Tl) در سیستمهای Tl-Ba-Ca-Cu-O با دمای گذار ۱۲۰ K گزارش شد[٦]. در حال حاضر بالاترین مقدار دمای بحرانی مورد تایید ۱۳۵ K است که در سال ۱۹۹۳ در سیستم Hg-Ba-Ca-Cu-O گزارش شده است [٦١]. همچنین یک گروه از پژوهشگران فرانسوی در سال ۱۹۹٤ به سرپرستی میشل لاژو با تهیه ابررسانای سرامیکی به شکل لایه نازک توانستند به دمای بحرانی ۲۵۰ K دست یابند، متأسفانه این وضعیت پایدار نبوده و پس از دو هفته دمای بحرانی آن کاهش یافت[٦٢].

ساختار این ابررسانا متشکل از بیسموت- استرانسیوم- گالیم و اکسیدمس است که در آن هشت لایه اکسیدمس با ضخامت بسیار کم بین لایه های بیسموت و استرانسیوم قرار گرفته اند.

دانشمندان امیدوارند که در آینده ای نه چندان دور، با کشف مواد ابررسانای جدید بتوانند دمای بحرانی را به دمای اتاق برسانند که در آن صورت وسایل و تجهیزات فنی و صنعتی به ویژه در زمینه های برق و الکترونیک، با بکارگیری مواد ابررسانا تولید و بکار گرفته خواهند شد [۷] .

شکل (۲) سیر تحول دمای گذار را نسبت به زمان نشان می‌دهد[٦٣].



شکل (۲) :تحول زمانی دمای گذار

فصل اول :

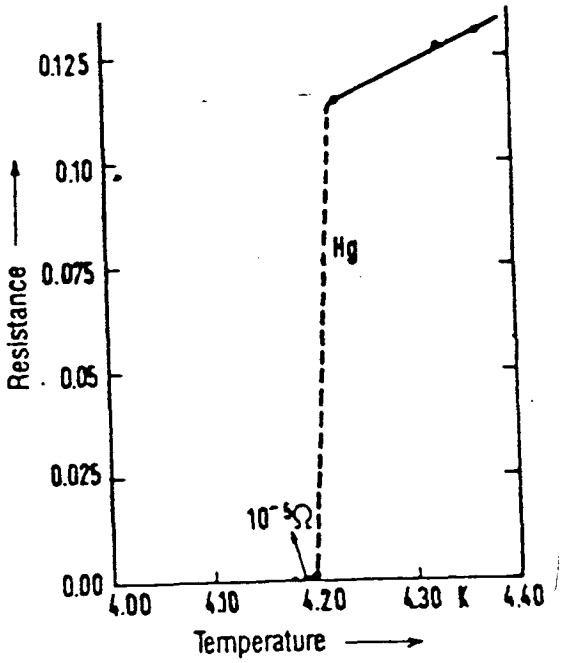
خواص عمومی ابررساناهای متعارف

۱-۱- مقاومت صفر ابررسانا

مقاومت الکتریکی تمام فلزات و آلیاژها وقتی که سرد می شوند کاهش پیدا می کند. برای بررسی علت آن ، ابتدا باید بدانیم که چه عاملی باعث می شود که یک رسانا در مقابل عبور جریان الکتریکی مقاومت نشان دهد. می دانیم جریان در یک رسانا توسط الکترونهای رسانشی حمل می شود، این الکترونها آزادانه در ماده حرکت می کنند. چون الکترونها طبیعت موجی نیز دارند، پس می توان الکترونی را که در یک فلز حرکت می کند توسط یک موج تخت متحرک نشان داد. در ساختار بلوری یک فلز اتمها در یک شبکهٔ متناوب آرایش یافته اند. و از خواص یک موج تخت این است که می تواند از میان یک ساختار کاملاً تناوبی بدون اینکه در جهات دیگر پراکنده شود عبور کند، پس یک الکترون می تواند از میان یک شبکهٔ بلوری ایده آل بدون اینکه جهت اندازهٔ حرکت الکترون تغییر یابد عبور کند. با این حال کوچکترین نقص در تناوب ساختمان بلوری موجب پراکنده شدن موج الکترونی و پدیدار شدن مقاومت خواهدشد.

عواملی که باعث می شوند تا تناوب کامل شبکهٔ بلوری بهم بخورد و مقاومت ایجاد شود عبارتند از: نوسانات گرمایی، ناخالصی ها و نقایص بلوری، حال می توان دید که چرا مقاومت الکتریکی فلز و یا آلیاژ در دماهای پایین کاهش پیدا می کند، وقتی دما کاهش می یابد از نوسانات حرارتی اتمها کاسته شده و بنابراین الکترونهای رسانش کمتر پراکنده می شوند. الکترونها علاوه بر اینکه توسط نوسانات حرارتی شبکه پراکنده می شوند توسط ناخالصی ها و نواقص نیز پراکنده می شوند، پراکندگی توسط ناخالصیها کم و بیش مستقل ازدما است، در نتیجه همیشه مقداری مقاومت ویژه ρ_0 که حتی در پایین ترین درجهٔ حرارت نیز باقی می ماند، وجود دارد (ρ_0 مقاومت ویژه باقیمانده در دمای صفرمطلق نامیده می شود). اما بعضی فلزات وقتی سرد می شوند رفتار

خارق العاده ای از خود نشان می دهند. مقاومت الکتریکی آنها به طریقی که گفته شد کاهش پید می کند اما وقتی به چند درجه بالای صفر مطلق می رسد ناگهان تمام نشانه های مقاومت الکتریکی حتی ρ_0 نیز محو می شود. شکل (۱-۱) این حالت را نشان می دهد.



شکل (۱-۱): ناپدید شدن مقاومت یک ابررسانا در دمای پایین

در این حالت گفته می شود که آنها به حالت ابررسانشی منتقل شده اند؛ انتقال به حالت ابررسانش ممکن است در یک فلز ناخالص نیز اتفاق بیافتد[۱].

طبعاً از خود سؤال می کنیم که آیا در حالت ابررسانش مقاومت حقیقتاً صفر شده است یا فقط به یک مقدار خیلی کم تنزل کرده است. البته هیچ وقت نمی توان به طریق تجربی ثابت کرد که مقاومت حقیقتاً صفر است، بلکه مقاومت هر نمونه ای ممکن است همیشه کمتر از دامنه' حساسیت دستگاههایی که برای اندازه گیری استفاده می شوند باشد پس بطور کلی می توان گفت که مقاومت در مقابل جریان مستقیم آنقدر کوچک است که می توان آن را صفر فرض کرد. یک روش برای اندازه گیری یا اثبات این مقاومت صفر، برقراری جریان در یک حلقه' ابررسانا می باشد، اگر پس ازمدت طولانی هیچ کاهشی درجریان مشاهده نشود بیانگر مقاومت صفر حلقه می باشد[۹].