

نارسایی‌های آموزش فیزیک ماده‌ی چگال در ایران

مهدی صفا

دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی اصفهان

گروه فیزیک دانشگاه آزاد اسلامی نجف‌آباد



مقدمه

در این زمینه نیز شاهی بر این ادعاست. با توجه به اهمیت فیزیک ماده‌ی چگال و دست‌آوردهای فیزیک ماده‌ی چگال در فناوری‌های پیشرفته‌ی قطعات نیم‌رسانا، مواد مغناطیسی، ابرسانی، نانوفناوری و فوتونیک که در زندگی روزمره‌ی همه تأثیری شگفت‌انگیز داشته و نحوه‌ی زندگی را به کلی دگرگون کرده است، برنامه‌ریزی آموزش این بخش از فیزیک در ایران باید فراگیر و به‌روز باشد. در این مقاله نارسایی‌های مربوط به آموزش فیزیک ماده‌ی چگال که به نظر نگارنده می‌رسد، مطرح می‌شود:

سابقه‌ی آموزش فیزیک ماده‌ی چگال در ایران

با وجود سابقه‌ی تقریباً یک‌صد ساله و بیش از هشتاد سال تدریس فیزیک ماده‌ی چگال در اکثر دانشگاه‌های معتبر جهان، متأسفانه در ایران اولین دوره‌های آموزش مکانیک کوانتومی و فیزیک حالت جامد، آن هم به صورت فوق‌العاده مقدماتی حدود پنجاه سال قبل آغاز شد. در یکی دو دهه‌ی اول، این آموزش بسیار مختصر و ابتدایی بوده است. در سی سال اخیر در اکثر

در سال ۱۸۹۵ پرتوی X کشف شد، لا‌اژه در رابطه با امکان پراش پرتوی X از بلورها نظریه‌ی ارائه داد و در سال ۱۹۱۱ ساختار دوره‌ای بلورها و این که فواصل اتمی در بلورها از مرتبه‌ی آنگستروم است پیش‌بینی شد. به‌دنبال آن با بررسی شرط پراش پرتوی X و ارائه‌ی معادله‌ی براگ در سال ۱۹۱۳، اولین سنگ‌بنای بخش عظیم فیزیک، یعنی فیزیک ماده‌ی چگال نهاده شد. در سال ۱۹۲۵ مکانیک کوانتومی در صحنه ظاهر شد و با کشف خواص موجی الکترون در سال ۱۹۲۷، بررسی ساختار بلورین انواع بلورها میسر شد و امکان مشاهدات تجربی و تحلیل نتایج پژوهشی تجربی در رابطه با خواص مکانیکی، الکتریکی، مغناطیسی و نوری جامدها بر مبنای فیزیک نوین فراهم شد و گستره‌ی بسیار وسیعی از فیزیک را به خود اختصاص داد. با وجود این که عمر این شاخه از فیزیک فقط حدود یک‌صد سال است، تعداد فیزیکدان‌هایی که به‌طور مؤثر و مفید در سراسر جهان در زمینه‌ی فیزیک حالت جامد به طور اخص و فیزیک ماده‌ی چگال به طور اعم فعال و درگیر هستند به مراتب بیش از سایر رشته‌های فیزیک است. جوایز نوبل متعدد

دانشگاه‌های کشور آموزش و پژوهش در زمینه فیزیک ماده چگال به شکل قابل‌ملاحظه‌ای گسترش یافته است، ولی هنوز، نارسایی‌ها و مشکلات اساسی وجود دارند که در این مقاله، اشاره مختصری به آنها در زیرشاخه‌های مهم فیزیک ماده چگال خواهد شد:

۱- بلورشناسی

زیربنای اساسی فیزیک ماده چگال بلورشناسی است و به‌همین دلیل ضرورت فوق‌العاده وجود دارد که تمامی دانشجویان فیزیک ماده چگال با نگرشی ژرف همه‌ی سیستم‌های بلورین را همراه با تجسم فضایی مربوط به آنها به‌خوبی فراگیرند و صفحات و جهتهای متعدد بلوری در این سیستم‌ها را به‌نحو احسن درک کنند. متأسفانه در اکثر موارد، دانشجویان با مشکل تجسم فضایی شبکه‌های بلورین روبه‌رو هستند و این به دلیل ضعف آنان در درک هندسه‌ی فضایی و ضعف آموزش هندسه‌ی فضایی در دوره‌های دبیرستانی و پیش‌دانشگاهی است. شایسته است در این مورد تمهیدات لازم به کار رود. در اکثر کتاب‌های درسی بلورشناسی از قبیل کالیتی، آزارو و ولفسون، جزئیات تکنیک‌های سنتی بلورشناسی تدریس می‌شوند که امروزه به برکت در دسترس بودن نرم‌افزارهای بسیار توانا و دستگاه‌های الکترونیک پیشرفته، اطلاعات مربوط به انواع روش‌های پراش پرتوهای X و تجزیه و تحلیل نتایج به صورت بسیار دقیق و سریع در اختیار کاربران قرار می‌گیرد و آنچه اکنون اهمیت دارد، دانش بنیادی در مورد ساختار بلورین و تجسم فضایی شبکه‌های بلورین در فضاهای مستقیم و

با وجود سابقه‌ی تقریباً یک‌صد ساله و بیش از هشتاد سال تدریس فیزیک ماده چگال در اکثر دانشگاه‌های معتبر جهان، متأسفانه در ایران اولین دوره‌های آموزش مکانیک کوانتومی و فیزیک حالت جامد، آن هم به صورت فوق‌العاده مقدماتی حدود پنجاه سال قبل آغاز شد.

وارون است که متأسفانه کم‌تر به آن توجه می‌شود. مطالعه فازهای بلورین مواد پیشرفته به‌ویژه سرامیک‌ها، لایه‌های نازک و سیستم‌های نانومتری و هم‌چنین بررسی ساختارهای بلورین ماکرومولکول‌ها و پروتئین‌های سنگین از قبیل DNA و RNA و تجزیه و تحلیل پراش پرتوهای X مربوط به آنها نیاز به آشنایی با روش‌های نوین و مهارت در کاربرد این روش‌ها را دارد که متأسفانه جای این موضوع‌ها در کتابهای بلورشناسی رایج در تدریس بلورشناسی در ایران بسیار خالی است. بدون استفاده از تابش سنکروترونی امکان بررسی فراگیر و سریع ساختارهای بلورین مواد چگال با مولکول‌های بسیار سنگین، پروتئین‌ها و بس‌لایه‌ای‌های نازک وجود ندارد. تابش سنکروترونی دارای پرتوهای بسیار موازی با زاویه و اگرایی از مرتبه 10^{-4} رادیان است. شدت بسیار زیاد تابش سنکروترونی (در گستره‌ی تابش X حداقل 1000 برابر شدت قوی‌ترین مولدهای پرتو X) آن را تواناترین چشمه‌ی طیف امواج الکترومغناطیسی از طول موج 10^{-1} تا 10^5 آنگستروم یعنی از پرتوهای X تا فروسرخ می‌کند و به کمک این تابش‌ها می‌توان انواع روش‌های بلورشناسی را با دقت بسیار زیاد به‌کار گرفت و در زمان فوق‌العاده اندک اطلاعات گسترده‌ای در

رابطه با ساختار بلورین، طول پیوند و زاویه‌ی بین پیوندهای بلورین را به دست آورد. این اطلاعات می‌توانند رهنمودهای ارزنده‌ای در بررسی‌های ژنتیکی، زیست‌فناوری، محیط‌زیست و نانوفناوری به‌دست دهند و نقش شگفت‌انگیزی در گسترش و تکامل دانش در این قلمروها ایفا کنند. بنابراین به‌جاست که در برنامه‌ریزی آموزش بلورشناسی حتماً به موارد فوق مورد توجه شود.

۲- فیزیک حالت جامد در دوره‌ی کارشناسی فیزیک

در بیشتر دانشگاه‌های کشور در دوره‌ی کارشناسی فیزیک فقط فیزیک حالت جامد ۱ و در آن مبانی بلورشناسی، شبکه‌ی وارون، ارتعاشات شبکه و فونون‌ها، خواص گرمایی جامدها و تفسیر نتایج گرمای ویژه بر اساس مدل‌های دبی و اینشتین، خواص الکتریکی جامدها و نوارهای انرژی در جامدها تدریس می‌شود. با توجه به گستره‌ی بسیار وسیع فیزیک ماده چگال، این درس بخش بسیار محدودی از این شاخه را در بر دارد و اصولاً پاسخ‌گوی نیازهای دانشجویان کارشناسی فیزیک در گرایش حالت جامد نیست. از آنجا که درس فیزیک حالت جامد ۲ یکی از دروس بنیادی گرایش حالت جامد است و در مقایسه با دروس دیگر این گرایش از سطح علمی و نظری بالاتر و مشکل‌تری برخوردار است، معمولاً دانشجویان این درس را نمی‌گیرند و بنابراین با گذراندن ۳ درس دیگر در این گرایش و بدون داشتن زیربنای علمی محکم و مناسب، می‌توانند در گرایش حالت جامد کارشناسی فیزیک فارغ‌التحصیل شوند. فیزیک حالت جامد ۲ شامل دی‌الکتریک‌ها و مواد باهوش، خواص نوری جامدها، خواص مغناطیسی مواد و کاربرد آنها، کاستی‌های بلور و خواص مکانیکی جامدهاست که پایه‌ای بسیار قوی در فیزیک حالت جامد برای دانشجویان فراهم می‌کند و بینش دانشجویان را در درک پدیده‌های فیزیکی عمیق می‌بخشد. متأسفانه هم در دوره‌های دبیرستانی و هم در دوره‌های کارشناسی آن هم در گرایش حالت جامد، به پدیده‌های مغناطیسی و به طور کلی به مواد مغناطیسی و کاربردهای شگفت‌انگیز آنها توجهی نمی‌شود و چه بسا فارغ‌التحصیلان دوره‌های کارشناسی فیزیک حالت جامد، با ویژگی‌های مواد مغناطیسی و تفاوت بین فرومغناطیس‌ها، پادفرومغناطیس‌ها، دیامغناطیس‌ها و پارامغناطیس‌ها آشنایی ندارند و به کلی با مفاهیم و کاربردهای آنها بیگانه‌اند. این عدم آگاهی و ناآشنایی با موضوع‌های فیزیک حالت جامد ۲ و به‌ویژه خواص مغناطیسی و نوری جامدها نه فقط باعث ضعف علمی دانش‌آموختگان فیزیک در این زمینه‌ها می‌شود، بلکه به طور مؤثر در آموزش دوره‌های دبیرستانی و پیش‌دانشگاهی تأثیر منفی و مخرب خواهد داشت و رفته‌رفته شاهد آن خواهیم بود که بخش عمده‌ی دانش‌آموزان و دانشجویان فیزیک با این موضوع مهم بیگانه‌اند و بینش کافی در درک پدیده‌های شگرف مغناطیسی و نوری مواد ندارند، پدیده‌هایی که هم در فناوری‌های نوین و پیشرفته نقش انکارناپذیری دارند و هم در درک مفاهیم اساسی فیزیک.

با در نظر داشتن مطالب فوق، پیشنهاد می‌شود که در گرایش حالت جامد دوره‌ی کارشناسی فیزیک، دروس بلورشناسی و فیزیک حالت جامد ۲ اجباری شود و علاوه بر این، ۲ یا ۳ درس تخصصی دیگر از قبیل نیم‌رساناها، ابررسانایی، لایه‌های نازک، تکنیک خلأ و ... به‌صورت اختیاری برگزیده شوند.

۳- نقش کارهای آزمایشگاهی

اصولاً آموزش نظری صرف و بدون ارائه کارهای تجربی نمی‌تواند مؤثر و مفید باشد. آزمایش‌های گوناگون در زمینه‌های ساختار بلورین، خواص الکتریکی، مغناطیسی، نوری و مکانیکی بلورها و سرامیک‌ها می‌توانند جاذبه‌ی بسیار زیادی برای دانشجویان داشته باشند و آنان را در فهم و درک مبانی فیزیک ماده‌ی چگال به‌گونه‌ی بسیار مؤثر یاری بخشد. باید تلاش و فعالیت‌های مداوم به عمل آید تا مسئولین و برنامه‌ریزان علمی دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی را متقاعد کرد تا در تأسیس و تجهیز آزمایشگاه‌های فیزیک ماده‌ی چگال سرمایه‌گذاری کنند.

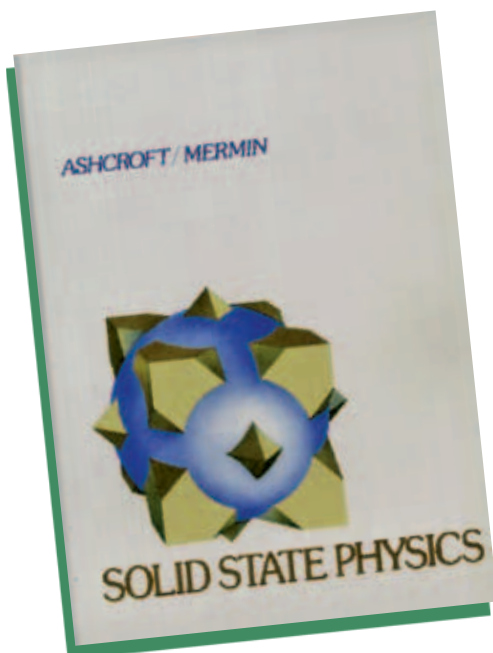
۴- فیزیک ماده‌ی چگال و نقش آن در برنامه‌ریزی آموزشی دوره‌های مهندسی

متأسفانه در دوره‌های مهندسی اکثر دانشگاه‌های کشور، صرفاً دروس فیزیک کلاسیک ۱ و ۲ که دست‌آوردهای فیزیک قرن نوزدهم‌اند تدریس می‌شوند. دانشجویان دوره‌های مهندسی با ابتدایی‌ترین اصول فیزیک نوین، مکانیک کوانتومی و فیزیک حالت جامد، یا فیزیک قرن بیستم آشنا نمی‌شوند. بدون دانش فیزیک جدید، مکانیک کوانتومی و فیزیک ماده‌ی چگال نمی‌توان به طور زیربنایی و مؤثر در زمینه‌های فناوری‌های جدید در مهندسی الکترونیک و مواد دست‌آوردی داشت. اگر دانشجویان این رشته‌ها با مبانی فیزیکی فناوری‌های پیشرفته آشنایی داشته باشند، می‌توانند در طراحی، گسترش و ابداع فناوری‌های نوین و سیستم‌های پیشرفته کارایی داشته باشند. در دوره‌های مهندسی مواد در دانشگاه‌های معتبر جهان، آموزش دروس بلورشناسی، فیزیک نوین، مکانیک کوانتومی و فیزیک ماده‌ی چگال به صورت نظری و عملی اولویت دارند و شاید در بیشتر موارد در این دانشگاه‌ها وجه تمایزی بین فعالیت‌های درسی گروه‌های مهندسی متالورژی فیزیکی و بخش‌های فیزیک ماده‌ی چگال وجود ندارد. تجربه‌ی تدریس نگارنده در دوره‌های تحصیلات تکمیلی رشته‌های مهندسی الکترونیک و مهندسی مواد مؤید این ضعف و عدم برنامه‌ریزی در زمینه‌های مبانی فیزیک نوین و فیزیک ماده‌ی چگال بوده است. پیشرفت‌های اخیر در زمینه‌ی نانوفناوری و نقش اساسی آن در مواد پیشرفته باعث شده است اکثر پژوهشگران در دانشکده‌های مهندسی الکترونیک، مواد، مکانیک و مهندسی شیمی به پژوهش در این زمینه‌ها علاقه‌مند شوند، ولی کار در مقیاس اتمی و نانومتری ایجاب می‌کند که پژوهشگران در این زمینه‌ها حتماً مکانیک کوانتومی و مبانی فیزیک ماده‌ی چگال بدانند و بدون آشنایی با چنین دانش‌هایی هرگز نمی‌توان به طور بنیادی در این زمینه‌ها مهارت و تسلط داشت، توصیه می‌شود که بی‌درنگ در برنامه‌های دوره‌های کارشناسی مهندسی این رشته‌ها دروس مرتبط با اصول و مبانی فیزیک نوین و ماده‌ی چگال گنجانده شود.

با چنین برنامه‌ریزی علمی در دوره‌های کارشناسی مهندسی می‌توان در دوره‌های تحصیلات تکمیلی این رشته‌های مهندسی، دروس تخصصی فیزیک ماده‌ی چگال پیشرفته از قبیل خواص الکترونیکی، مغناطیسی، ابررسانایی، نوری و مکانیکی جامدها همراه با آخرین دست‌آوردها و فناوری‌های به‌روز آنها را تدریس کرد و برای دانشجویان دوره‌های تحصیلات تکمیلی مهندسی پایه‌ی علمی محکمی فراهم کرد.

۵- فیزیک ماده‌ی چگال در دوره‌های تحصیلات تکمیلی

در برنامه‌ی دوره‌ی کارشناسی فیزیک ماده‌ی چگال دو درس اساسی فیزیک حالت جامد پیشرفته‌ی ۱ و ۲ وجود دارد. این دروس در اکثر دانشگاه‌های کشور بر مبنای کتاب درسی **فیزیک حالت جامد** تألیف مرمین و اشکرافت تدریس می‌شود. این کتاب نسبتاً قدیمی است و در اکثر موارد توضیح بیش از اندازه داده شده است و علاوه بر آن نمادها و فرمول‌بندی مکانیک کوانتومی آن با کتاب‌های مکانیک کوانتومی رایج مغایرت دارد و این باعث دردسر و سردرگمی دانشجویان می‌شود. هفت فصل نخست این کتاب شامل مباحث مقدماتی و بلورشناسی است که چیزی بیش از مطالب مذکور در دروس حالت جامد ۱ و ۲ تا حدودی بلورشناسی دوره‌ی کارشناسی نیست. رئوس مطالب این کتاب تا فصل ۱۶ صرفاً مشتمل بر نظریه‌ی نوارهای انرژی الکترون در مواد جامد و روش‌های مختلف محاسبه‌ی ساختار نواری جامدهاست، که به نظر من شامل بحث‌های مفصل و تکرار مکررات است. بنابراین درس فیزیک حالت جامد پیشرفته‌ی ۱ صرفاً پیرامون ساختار نواری جامدها بحث می‌کند و پاسخ‌گوی مطالب گسترده و جامع در حد درس پیشرفته‌ی فیزیک ماده‌ی چگال در سطح کارشناسی ارشد نیست. همین‌طور، فیزیک ماده‌ی چگال ۲ نیز که حداکثر تا فصل ۲۸ این کتاب تدریس می‌شود، نمی‌تواند جواب‌گوی طیف گسترده‌ی مطالب به‌روز و مورد نیاز فیزیک ماده‌ی چگال باشد. توصیه می‌شود که در زمینه‌های نظریه‌ی نوارهای انرژی و روش‌های محاسبه‌ی ساختار نوار در جامدها، خواص الکتریکی و مغناطیسی، ابررسانایی، نوری، مکانیکی و کاستی‌های بلوری از کتاب‌های جدیدتر و جامع‌تر برای تدریس دروس فیزیک حالت جامد پیشرفته استفاده شود و سعی شود در این زمینه‌ها به دانشجویان بینش و نگرش فراگیرتر، عمیق‌تر و جستجوگرانه القا شود. بدیهی‌ست در رابطه با دروس تخصصی ماده‌ی چگال از قبیل نظریه‌ی تابعی چگالی، نظریه‌ی گروه‌ها، خواص مغناطیسی جامدها، ابررسانایی، مواد پیشرفته و باهوش باید جدیدترین و فراگیرترین کتاب‌ها در سطح بین‌المللی برگزیده شوند و درجاً زدن در تدریس فهرست‌های



تصویب‌شده‌ی قدیمی، اصولاً منطقی و مفید نیست. در تدریس این دروس باید همواره پویایی و تحرک مؤثر وجود داشته باشد و به دانشجویان قدرت و توانایی تجزیه و تحلیل پدیده‌ها و سازوکارهای مطرح در فیزیک ماده‌ی چگال داده شود. برای بهره‌گیری مؤثر از آموزش فیزیک ماده‌ی چگال در دوره‌های تحصیلات تکمیلی، باید همانند همه دانشگاه‌های معتبر جهان، در زمینه‌های نظری، تجربی و محاسباتی امکانات و تجهیزات

بدون دانش فیزیک جدید، مکانیک کوانتومی و فیزیک ماده‌ی چگال نمی‌توان به طور زیربنایی و مؤثر در زمینه‌های فناوری‌های جدید در مهندسی الکترونیک و مواد دست‌آوردی داشت.

مناسب وجود داشته باشد و کارهای پژوهشی نظری و محاسباتی مکمل و پشتیبان کارهای پژوهشی تجربی باشند. ضروری‌ست که بر کارهای پژوهشی تجربی، در دوره‌های تحصیلات تکمیلی هم‌گام با مراکز پژوهشی معتبر جهان، تأکید فراوان به عمل آید و مراکز آموزشی و پژوهشی کشور را مجهز و آماده برای اجرای پروژه‌های تحقیقاتی نمود.

این امر نه فقط باعث تقویت بنیه علمی دانش‌آموختگان در زمینه‌های تجربی و عملی می‌شود، بلکه برای پی‌ریزی و تأسیس صنایع و فناوری‌های پیشرفته و بنیادی، نیروی انسانی متخصص و ماهر را تربیت می‌کند و نویدبخش استقلال علمی و فنی کشور خواهد بود.

متأسفانه به دلیل عدم وجود تجهیزات و امکانات مناسب برای اجرای کارهای پژوهشی تجربی پیشرفته، تعداد پروژه‌های تجربی کارشناسی ارشد و دکترا بسیار محدود است و اجرای همین تعداد اندک پروژه‌های تجربی فیزیک ماده چگال با مشکلات فراوان روبه‌روست. اگر ادعا می‌کنیم که در زمینه‌هایی از قبیل نانو فناوری در رده‌های نخست پژوهشی هستیم، شایسته است که تجهیزات پیشرفته و کارآ، همراه با کادر فنی متخصص جهت پشتیبانی فنی آزمایشگاه‌های پژوهشی، در اختیار داشته باشیم. در مراکز پژوهشی و دانشگاه‌های بزرگ کشور باید امکانات و فضای پژوهشی تجربی مناسب در راستاهای مشخص تحقیقاتی ایجاد کنیم تا شالوده‌ی فناوری‌های مدرن ریخته شود. این امر باعث ارتباط بسیار نزدیک با مراکز پژوهشی و صنعتی می‌شود و نتایج این کارها بلافاصله در صنایع پیشرفته پدیدار می‌شود و گامی در جهت دست‌یابی به استقلال علمی و اقتصادی کشور برداشته می‌شود. اصولاً هر کشور می‌تواند با مشخص کردن اولویت‌های پژوهشی تجربی مناسب و مرتبط با صنایع بنیادی خود، هم از نظر علمی و هم از لحاظ استفاده از نتایج پژوهشی در این راستاها به موفقیت چشمگیر نائل آید و بالندگی استعدادهای درخشان خود را تضمین و به اقتصاد و خودکفایی علمی خود خدمت کند.

متأسفانه در کشور ما به دلیل نبودن تجهیزات و امکانات پژوهشی پیشرفته و در دسترس نبودن وسایل و قطعات الکترونیکی و تجهیزات لازم، کارهای تجربی در زمینه‌ی فیزیک ماده چگال بسیار اندک و بخش ناچیزی از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکترا را تشکیل می‌دهد و

با در نظر گرفتن عدم وجود صنایع پیشرفته در کشور و اینکه برنامه و نقشه‌ی راهی برای ایجاد صنایع پیشرفته‌ی بنیادی و پژوهش‌های کاربردی در زمینه فیزیک ماده چگال وجود ندارد، کارهای پژوهشی تجربی در گوشه و کنار کشور به صورت پراکنده و بدون در نظر گرفتن اولویت‌های پژوهشی مطرح در کشور انجام می‌شوند که دست‌آوردهای آنها صرفاً به صورت کار علمی محض است و شاید از نتایج آنها به‌طور غیرمستقیم در صنایع کشورهای دیگر استفاده شود. متأسفانه با وجود نقش شگفت‌انگیز و انکارناپذیر پژوهش‌های فیزیک ماده‌ی چگال در نانو فناوری، انرژی خورشیدی، الکترونیک، مواد مغناطیسی، مواد دی‌الکتریک و هوشمند و فوتونیک هنوز شاهد برنامه‌های مرتبط با تأسیس صنایع پیشرفته در این زمینه‌ها نیستیم و به نظر نمی‌رسد که هیچگونه سیاست‌گذاری در رابطه با ایجاد چنین صنایع بنیادی مطرح باشد. بنابراین خلاف عرف جهانی که بخش قابل‌ملاحظه‌ای از پروژه‌های تحصیلات تکمیلی فیزیک ماده‌ی چگال به کارهای پژوهشی تجربی اختصاص دارند و از طرف صنایع حمایت می‌شوند، در ایران درصد اندکی از پروژه‌های تجربی به پژوهش‌های فیزیک ماده‌ی چگال اختصاص دارد و بخش عمده‌ی کارهای پژوهشی بر پروژه‌های محاسباتی و شبیه‌سازی و استفاده از بسته‌های محاسباتی متمرکز است. حتی پایان‌نامه‌های نظری محض نیز درصد اندکی از پروژه‌های تحصیلات تکمیلی‌ست. کارهای پژوهشی محاسباتی فیزیک ماده‌ی چگال به خودی‌خود بس مفید و ارزنده‌اند، ولی به این شرط که دانشجویان مجری این پروژه صرفاً غرق در وارد کردن داده‌ها و محاسبات نشوند و زیربنای علمی و فیزیکی این کار را با نتایج محاسباتی حاصله درآمیزند و نسبت به تجزیه و تحلیل داده‌ها به بهترین شکل اقدام کنند. در حال حاضر به نظر نمی‌رسد که تعادل مناسب و منطقی بین حجم کارهای تجربی، نظری و محاسباتی در پژوهش‌های مربوط به پروژه‌های تحصیلات تکمیلی وجود دارد و اکثریت پروژه‌ها در راستای کارهای محاسباتی است.

آموزش فیزیک ماده‌ی چگال در دوره‌های تحصیلات تکمیلی باید از چنان عمق و گستردگی برخوردار باشد، تا دانشجویان با کسب توشه‌ی علمی مناسب از توانایی تجزیه و تحلیل نتایج کارهای پژوهشی خویش به‌بهترین شکل برخوردار باشند و از طرف دیگر مسلط به دانش کافی برای تدریس و راهنمایی دانشجویان در آینده باشند. متأسفانه در اکثر موارد شاهد آنیم که دانشجو آن قدر وقت خود را صرف کارهای محاسباتی روزمره و یک‌نواخت و یا تکرار آزمایش‌ها و به‌دست آوردن داده‌های تجربی پروژه‌اش می‌کند که صرفاً به دنبال ارائه‌ی این نتایج و فارغ از ارتباط آنها با زیربنای علمی محکم در توجیه پدیده‌های درگیر در کار پژوهشی خویش است. با در نظر گرفتن این‌که عمده‌تأ انتظار می‌رود دانش‌آموختگان دوره‌های تحصیلات تکمیلی به تدریس در دانشگاه‌های کشور بپردازند، باید تلاش به عمل آید تا دانشجویان این دوره‌ها، دروس اساسی و محوری فیزیک ماده‌ی چگال را در سطح بهترین دانشگاه‌های معتبر جهان، با کیفیت بالا فراگیرند و توانایی تفسیر و توجیه نتایج کارهای پژوهشی خود، بر مبنای همین دروس زیربنایی و آخرین دست‌آوردهای پژوهشی جهان را دارا باشند.