بسم اللّه الرحمن الرحيم

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و

نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه

متعلق به دانشگاه رازی است

دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی فیزیک

گرایش حالت جامد

عنوان پایان نامه:

بررسی چگالی حالت ترکیبی از صفحات گرافین وبورون نیترایدومقایسه بایکدیگر

استاد راهنما:

دکترحمزه موسوی

نگارش:

خیام دارابی

مهر ماه ۱۳۹۱

(من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق)

پیش از آغاز بر خود واجب می دانم که از راهنمایی های بسیار ارزنده وزحمات بی شائبه ی استاد راهنمای ارجمندم ،جناب آقای دکترحمزه موسوی که دلسوزانه مسئولیت راهنمایی اینجانب را در این پایان نامه برعهده گرفتندتشکر وقدردانی نمایم.وهمچنین از اساتید بزرگوارم جناب اقای دکتر رستم مرادیان ودکتر علی فتحعلیان به خاطر قبول زحمت مطالعه وداوری این پایان نامه بسیار متشکرم .درپایان از دوست بسیارعزیزم محمدبراتی به خاطر راهنمایی های دلسوزانه اش تشکر می کنم واز دختر وهمسر مهربانم که باوجود تمام مشکلاتم مشوق وهمراه من بودند تشکر می کنم.

چکیده:

بور، کربن و نیتروژن با اعداد اتمی ۵، ۶، و ۷ در یک سطر از جدول تناوبی عناصر قرار می گیرند. بور جزء شبه فلزات و کربن و نیتروژن غیر فلزند. به دلیل تشابه شکل هندسی ترکیب بورون نیتراید و گرافین به بررسی ترکیب این صفحات و بررسی خواص الکترونی آنها می پردازیم و با محاسبه چگالی حالتها برای چیدمانهای مختلف از صفحات گرافین و بورون نیتراید و مقایسه نتایج بدست آمده با هم، تأثیر چیدمان های مختلف را بر چگالی حالتها بررسی کنیم. به همین منظور ابتدا با استفاده از مدل تنگ بست و با در نظر گرفتن تقریب نزدیک ترین همسایه ها به محاسبه هامیلتونی پرداخته سپس این هامیلتونی را در تابع گرین محاسبه شده قرار می دهیم و با استفاده ازتابع گرین چگالی حالتها را محاسبه می کنیم. این روش را برای چیدمانهای مختلف از صفحات گرافین و بورون نیتراید انجام می دهیم تا تأثیراین چیدمان ها را بر چگالی حالت ملاحظه کنیم.

کلمات کلیدی: گرافین ،بورون نیتراید،تقریب تنگ بست،تابع گرین،چگالی حالتها

فهرست مطالب

۱ مقدمه ای بر نانوساختارهای کربنی وبورون نیتراید

۱-۱ فناوری نانو..... ۲

۱-۲نانوساختارهای کربن ۳

۱-۲-۱گرافیت ۵

۱-۲-۲ الماس ۷

۱-۲-۳ دوده ۸

۱-۲-۴فولرین ها ۸

۱-۲-۵ نانو لوله های کربنی ۹

۱-۲-۶گرافین ۱۰

۱-۲-۶-۱روشهای ساخت گرافین ۱۱

۱-۲-۶-۲خواص گرافین ۱۴

۱- ۳ بورون نیتراید و گونه های مختلف آن ۱۷

۱-۳-۱بورون نیتراید هگزا گونال(h-BN) ۱۸

۱-۳-۲ ورون نیتراید مکعبی (c-BN) ۱۹

۱-۳-۳بورون نیتراید نوع ورتزیت ۱۹

۱-۳-۴نانولوله های بورون نیتراید ۲۰

۱-۴ روشهای تولید بورون نیتراید ۲۱

۲ معرفی مدل های بس ذره ا ی وتقریب تنگ بست

۲-۱ مقدمه ۲۳

۲-۲جملات هامیلتونی دربلور یک جسم جامد ۲۳

۲-۳ مدل الکترونهای بدون برهم کنش بلاخ ۲۵

۲-۴ معرفی مدل اتمی ژلیوم ۳۰

۲-۵ معرفی تقریب تنگ بست ومدل هابارد ۳۲

۲-۶ سلول بسیط در گرافین ۳۸
۲-۷ محاسبه بردارهای پایه ی شبکه ی مستقیم و وارون درگرافین ۳۹
۲-۸ منطقه ی اول بریلون وساختار باند در گرافین ۴۰
۳ معرفی تابع گرین ومحاسبه ی چگالی حالتها
۳-۱پیش درآمدی بر مکانیک کوانتوم ۴۴
۳-۱-۱تابع گرین برای الکترون های آزاد ۴۹
۳-۱-۲تابع گرین در نمایش طیفی ۵۱
۳-۲معادله حرکت وابسته به تابع گرین ۵۳
۳-۳چگالی حالتهای یک شبکه ی خطی با وجود باوجود یک اتم در سلول پایه ۶۱
۴ برررسی چگالی حالتها برای چیدمانهای مختلف از گرافین وبورون نیتراید
۴-۱ بررسی چگالی حالت برای یک لایه گرافین ۶۴
۴-۲ بررسی چگالی حالت ها برای دو لایه گرافین ۶۸
۴-۳ بررسی چگالی حالت ها برای سه لایه گرافین ۶۹
۴-۴ بررسی چگالی حالتها برای چهار لایه گرافین ۷۱
۴-۵ بررسی چگالی حالت ها برای چیدمانهای مختلف از لایه های برون نیتراید ۷۴
۴-۶ بررسی چگالی حالتها برای آرایشی ازیک لایه گرافین ویک لایه بورون نیتراید ۷۸
۴-۷ بررسی چگالی حالتها برای آرایشی از سه لایه گرافین و بورون نیتراید(AAA) ۷۹
۴-۸ بررسی چگالی حالتها برای آرایشی از سه لایه گرافین و بورون نیتراید(ABA) ۸۰
۴-۹ بررسی چگالی حالتها برای آرایشی از سه لایه گرافین و بورون نیتراید(ABC) ۸۱
۴-۱۰ بررسی چگالی حالتها برای آرایشی از چهار لایه گرافین و بورون نیتراید(AAAA) ۸۱
۴-۱۱ بررسی چگالی حالتها برای آرایشی از چهار لایه گرافین و بورون نیتراید(ABAB) ۸۲
۵ رسم نمودار ها،بحث ونتیجه گیری
۵-۱ رسم نمودارها ۸۵
۵-۱-۱ نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی برای یک لایه گرافین ۸۵

۵-۱-۲ رسم نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی برای دو لایه گرافین(AA) ۸۶
۵-۱-۳ رسم نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی برای دو لایه گرافین(AB) ۸۶
۵-۱-۴ رسم نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی برای سه لایه گرافین(AAA) ۸۷
۵-۱-۵ رسم نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی برای سه لایه گرافین(ABA) ۸۷
۵-۱-۶ رسم نمودار چگالی حالت بر حسب انرژی برای سه لایه گرافین(ABC) ۸۸
۵-۱-۷ رسم نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی برای چهارلایه گرافین(AAAA) ۸۸
۵-۱-۸ رسم نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی برای چهارلایه گرافین(ABAB) ۸۹
۵-۱-۹ مقایسه ی نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی در یک نمودار برای آرایش های Aو AAو AAAو AAAA درگرافین ۸۹
۵-۱-۱۰ مقایسه ی نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی در یک نمودار برای آرایش های Aو ABو ABAو ABAB درگرافین ۹۰
۵-۱-۱۱ مقایسه ی نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی در یک نمودار برای آرایش های Aو ABC درگرافین ۹۰
۵-۱-۱۲ رسم نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی برای یک لایه بورون نیترايد ۹۱
۵-۱-۱۳ رسم نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی برای دو لایه بورون نیترايد(AA) ۹۱
۵-۱-۱۴ رسم نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی برای دو لایه بورون نیترايد(AB) ۹۲
۵-۱-۱۵ رسم نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی برای سه لایه بورون نیترايد(AAA) ۹۲
۵-۱-۱۶ رسم نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی برای سه لایه بورون نیترايد(ABA) ۹۳
۵-۱-۱۷ رسم نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی برای سه لایه بورون نیترايد(ABC) ۹۳
۵-۱-۱۸ رسم نمودارچگالی حالتها برحسب انرژی برای چهارلایه بورون نیترايد(AAAA) ۹۴
۵-۱-۱۹ رسم نمودار چگالی حالت بر حسب انرژی برای چهارلایه بورون نیترايد(ABAB) ۹۴
۵-۱-۲۰ مقایسه ی نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی در یک نمودار برای آرایش های Aو AAو AAAو AAAA دربورون نیترايد ۹۵
۵-۱-۲۱ مقایسه ی نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی برای آرایش های Aو ABو ABAو ABABدربورون نیترايد ۹۵

۵-۱-۲۲ مقایسه ی نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی در یک نمودار برای آرایش های Aو ABC دربورون نیترایدد ۹۶
۵-۱-۲۳ رسم نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی برای آرایشی از یک لایه بورون نیترایدویک لایه گرافین(AA) ۹۶
۵-۱-۲۴ رسم نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی برای برای آرایشی از یک لایه بورون نیترایدویک لایه گرافین(AB) ۹۷
۵-۱-۲۵ رسم نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی برای آرایشی ازسه لایه گرافین و بورون نیترایدد (AAA) ۹۷
۵-۱-۲۶ رسم نمودار چگالی حالتها برحسب انرژی برای آرایشی از سه لایه بورون نیترایدو گرافین (ABA) ۹۸
۵-۱-۲۷ رسم نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی برای آرایشی از سه لایه بورون نیترایدو گرافین (ABC) ۹۸
۵-۱-۲۸ رسم نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی برای آرایشی ازچهار لایه بورون نیترایدو گرافین(AAAA) ۹۹
۵-۱-۲۹ رسم نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی برای آرایشی ازچهار لایه بورون نیترایدو گرافین (ABAB) ۹۹
۵-۱-۳۰ مقایسه ی نمودار چگالی حالتها بر حسب انرژی در یک نمودار برای آرایش های (Aو AAو AAAو AAAA)از گرافین و بورون نیترایدد ۱۰۰
۵-۱-۳۱ مقایسه ی چگالی حالتها بر حسب انرژی در یک نمودار برای آرایش های Aو ABو ABAو ABABاز گرافین و بورون نیترایدد ۱۰۰
۵-۱-۳۲ مقایسه ی نمودارچگالی حالتها برحسب انرژی در یک نمودار برای آرایش های Aو ABCازگرافین وبورون نیترایدد ۱۰۱
۵-۲ بحث و نتیجه گیری : ۱۰۲
۶ منابع ومراجع ۱۰۳

فهرست جداول

جدول شماره ۱-۱: برآورد بازارهای جهانی نانو در سال های اخیر ۳
جدول شماره ۱-۲ : مقایسه ی استحکام وچگالی مواد مختلف ۱۷
جدول شماره ۱-۳ مقایسه خواص کربن وبورون نیتراید ۲۰

فهرست اشکال

شکل ۱-۱ : الوتروپهای کربن ۴
شکل ۱-۲ : اوربیتالهای 1s و 2s و 2 p ۴
شکل ۱-۳: اوربیتالهای هیبریدی sp ۵
شکل ۱-۴ : توزیع چگالی باریک پیوند σ ۵
شکل ۱-۵ : توزیع چگالی باریک پیوند π ۵
شکل ۱-۶ : ساختار گرافیت ۶
شکل ۱-۷ : نوع پیوندها در گرافین ۷
شکل ۱-۸ : نوع پیوندها در گرافین ۷
شکل ۱-۹ : الماس و هیبریداسیون sp^3 در آن ۸
شکل ۱-۱۰ : فولرین C_{60} ۹
شکل ۱-۱۱ : نانولوله های کربنی a)تک جداره b) چند جداره ۱۰
شکل ۱-۱۲ : ساختار شبکه ی گرافین :زیر شبکه های مختلف با دو رنگ متفاوت مشخص شده اند ۱۱
شکل ۱-۱۳ : اولین عکس چاپ شده از گرافین . عکس به روش AFM ا ز گرافین . میله ی مقیاس (μm)1 است . ارتفاع های مختلف نشان داده شده بر روی شکل نشان دهنده ی تعداد لایه های اتمی متفاوت از کربن است. ۱۲
شکل ۱-۱۴ : گرافین در زیر میکروسکوپ نوری . چپ : گرافین یک یا چند لایه روی اکسید سیلیکن که کاملا در زیر میکروسکوپ نوری متفاوت هستند . راست: گرافین تک لایه و چند لایه که مشخص است [۱۹] ۱۳
شکل ۱-۱۵ ..... ۱۳
شکل ۱-۱۶ : ساختار شماتیک سطح گرافین ۱۴
شکل ۱-۱۷: کمینه گرافین . مستقل از تحرک پذیری حامل های بار ،در نمونه های مختلف از گرافین رسانش نقطه ی خنثی گرافین (بدون حامل های بار) در داده های آزمایشگاهی ثابت است (نقاط تو خالی) و مقدار $4e2h$ را دارد. ۱۵

شکل ۱-۲۰ : قرار گرفتن صفحات بورون نیترایدh-BNبر روی یکدیگر ۱۸
شکل ۱-۲۱: بورون نیترایدهگزا گونال ۱۸
شکل ۱-۲۲ :نوع مکعبی بورون نیترایدc-BN) ۱۹
شکل ۱-۲۳ : بورون نیترایدنوع(w-BN) ۱۹
شکل ۱-۲۴ : نانولوله های برون نیترایدنوع ۲۰
شکل ۲-۲:سلول بسیط و بردارهای شبکه مستقیم گرافین ۳۸
شکل ۲-۱: زیر شبکه های مثلثی براوه گرافین ۳۸
شکل ۲-۳:منطقه ی اول بریلوئن در گرافین ۴۰
شکل ۳-۱:شبکه ی خطی باوجود یک اتم در سلول پایه ۶۱
شکل ۴-۱: یک اتم کربن ونزدیکترین همسایه های آن ۶۶
شکل ۴-۲: ناحیه اول بریلوئن ۶۸
شکل ۴-۳ : آرایش لایه های گرافین درحالتAB ۶۹
شکل ۴-۴ : آرایش لایه های گرافین درحالتAA ۶۹
شکل ۴-۵ : آرایشAAA شکل ۴-۶ : آرایشABC ۷۰
شکل ۴-۷ : آرایشABA ۷۰
شکل ۴-۸ : آرایش لایه های گرافین درحالتAAAA ۷۲
شکل ۴-۹ : آرایش لایه های گرافین در حالت ABAB ۷۳
شکل ۴-۱۰ : ساختارشبکه بورون نیترایدوبردارهای شبکه مستقیم ۷۴
شکل ۴-۱۱: آرایشG-B ۷۸
شکل ۴-۱۲: وضعیت قرار گرفتن لایه های گرافین و بورون نیترایددر دو آرایش مختلف ۷۹
شکل ۴-۱۳: وضعیت قرار گرفتن لایه های گرافین وبورون نیترایددر دو ارایش مختلف ۸۰
شکل ۴-۱۴: وضعیت قرار گرفتن لایه های گرافین وبورون نیترایددر دو ارایش مختلف ۸۱
شکل ۴-۱۵: آرایش لایه های گرافین وبورون نیتراید در حالتB-G-B–G ۸۲

فهرست نمودارها

نمودار ۳-۱ : نمایش نقاط تکینه ۵۹
نمودار ۳-۲: بادر نظر گرفتن مقدارکوچک نقاط تکینه حذف می شوند ۵۹
نمودار ۵-۱ : چگالی حالتها بر حسب انرژی برای یک لایه گرافین ۸۵
نمودار ۵-۲ : چگالی حالتها بر حسب انرژی برای دولایه گرافین(AA) ۸۶
نمودار ۵-۳ چگالی حالتها بر حسب انرژی برای دولایه گرافین(AB) ۸۶
نمودار ۵-۴ : چگالی حالتها بر حسب انرژی برای سه لایه گرافین(AAA) ۸۷
نمودار ۵-۵ : چگالی حالتها بر حسب انرژی برای سه لایه گرافین(ABA) ۸۷
نمودار ۵-۶ : چگالی حالتها بر حسب انرژی برای سه لایه گرافین(ABC) ۸۸
نمودار ۵-۷ : چگالی حالتها بر حسب انرژی برای چهار لایه گرافین(AAAA) ۸۸
نمودار ۵-۸ : حالتها بر حسب انرژی برای چهار لایه گرافین(ABAB) ۸۹
نمودار ۵-۹ : چگالی حالتها بر حسب انرژی در یک نمودار برای آرایش های Aو AAو AAAو AAAA درگرافین ۸۹
نمودار ۵-۱۰ : چگالی حالتها بر حسب انرژی در یک نمودار برای آرایش های Aو ABو ABAو ABAB درگرافین ۹۰
نمودار ۵-۱۱ : چگالی حالتها بر حسب انرژی در یک نمودار برای آرایش هایAوABC درگرافین ۹۱
نمودار ۵-۱۲ : چگالی حالتها بر حسب انرژی برای یک لایه بورون نیتراید ۹۱
نمودار ۵-۱۳ : چگالی حالتها بر حسب انرژی برای دولایه بورون نیتراید (AA) ۹۱
نمودار ۵-۱۴ چگالی حالتها بر حسب انرژی برای دولایه بورون نیتراید (AB) ۹۲
نمودار ۵-۱۵ : چگالی حالتها بر حسب انرژی برای سه لایه بورون نیتراید(AAA) ۹۲
نمودار ۵-۱۶ : چگالی حالتها بر حسب انرژی برای سه لایه بورون نیتراید (ABA) ۹۳
نمودار ۵-۱۷ : چگالی حالتها بر حسب انرژی برای سه لایه بورون نیتراید (ABC) ۹۳
نمودار ۵-۱۸ : چگالی حالتها بر حسب انرژی برای چهار لایه بورون نیتراید (AAAA) ۹۴
نمودار ۵-۱۹ : چگالی حالتها بر حسب انرژی برای چهار لایه بورون نیتراید (ABAB) ۹۴
نمودار ۵-۲۰ : چگالی حالتها بر حسب انرژی در یک نمودار برای آرایش های Aو AAو AAAو AAAA دربورون نیتراید ۹۵
نمودار ۵-۲۱ : چگالی حالتها بر حسب انرژی در یک نمودار برای آرایش های Aو ABو ABAو ABAB دربورون نیتراید ۹۵
نمودار ۵-۲۲ : چگالی حالتها بر حسب انرژی در یک نمودار برای آرایش های Aو ABC دربورون نیتراید .. ۹۶

نمودار ۵-۲۳ : چگالی حالتها بر حسب انرژی برای آرایشی از یک لایه بورون نیترایدویک لایه گرافین(AA) ۹۶
نمودار ۵-۲۴ : چگالی حالت بر حسب انرژی برای برای آرایشی از یک لایه بورون نیترایدویک لایه گرافین (AB) ۹۷
نمودار ۵-۲۵ : چگالی حالتها بر حسب انرژی برای برای آرایشی از سه لایه بورون نیترایدو گرافین (AAA) . ۹۷
نمودار ۵-۲۶ : چگالی حالتها بر حسب انرژی برای آرایشی از سه لایه بورون نیترایدوگرافین (ABA)..... ۹۸
نمودار ۵-۲۷ : چگالی حالتها بر حسب انرژی برای آرایشی از سه لایه بورون نیترایدو گرافین (ABC) ۹۸
نمودار ۵-۲۸ : چگالی حالتها بر حسب انرژی برای آرایشی ازچهار لایه بورون نیترایدو گرافین (AAAA)) .. ۹۹
نمودار ۵-۲۹ : چگالی حالتها بر حسب انرژی برای چهار لایه بورون نیترایدو گرافین(ABAB) ۹۹
نمودار ۵-۳۰: چگالی حالتها بر حسب انرژی در یک نمودار برای آرایش های(Aو AAو AAAو AAAA)ازبورون نیترایدوگرافین ۱۰۰
نمودار ۵-۳۱: چگالی حالتها بر حسب انرژی در یک نمودار برای آرایش های Aو ABو ABAو ABABاز گرافین وبورون نیتراید ۱۰۰
نمودار ۵-۳۲: چگالی حالتها بر حسب انرژی در یک نمودار برای آرایش های Aو ABC از گرافین وبورون نیتراید ۱۰۱

پیشگفتار :

علم نانو یا ساختارهای ریز یکی از برجسته ترین علوم نوین دنیا است. گرافین صفحه ای به ضخامت یک اتم می باشد ودارای ساختار لانه زنبوری (شش ضلعی)است. از زمان ساخت گرافین در سال ۲۰۰۴ به دلیل ویژگی های الکترونی استثنایی و با توجه به ویژگی انتقال بالستیک بار به وسیله گرافین در کاربردهای نانو الکترونیک بسیار مورد توجه قرار گرفته است. به دلیل مشابت های ساختاری گرافین و بورن نیترایـد ، ساختار باند آنها می تواند منجر به خواص جالبی در سیستم های مرکب از این دو شود.با محاسبه چگالی حالت ها و بررسی آن می توان درباره خواص مواد یاد شده از لحاظ رسانایی یا نارسانایی اظهار نظر نمود، ضمناً می توان چگالی حالت بدست آمده را در گامهای بعدی برای بررسی رسانندگی گرمایی و الکتریکی این مواد در صورت حضور یا عدم حضور میدان های الکتریکی ومغناطیسی مورد استفاده قرارداد.

فصل (۱)

مقدمه ای برنانو ساختارهای کربنی وبورون نیترایید

۱مقدمه

۱-۱ فناوری نانو

دردودهه اخیرفناوری نانوبسیار موردتوجه قرارگرفته است. فناوری نانو یک روش مناسب برای ساخت و سر هم بندی ساختارهای کارآمد دارای حداقل یک بعد نانومتری است. چنین ساختارهائی به دلیل اندازه اشان دارای خصوصیات و رفتارهای شیمیائی و فیزیکی متفاوت از توده و در بعضی از موارد بهبود یافته هستند. وقتی که ابعاد در محدوده میان اتم ها و مواد توده ای یعنی 10^{-9}تا 10^{-7}یعنی (۱-۱۰۰)نانو متر قرار گیرند،اشیاء اغلب رفتار فیزیکی بسیار متفاوتی نسبت به اتم ها و مواد توده ای از خود نشان میدهند. خصوصیات مواد در مقیاس نانو را نمی توان ضرورتاً با توجه به ویژگیهای مواد در مقیاسهای بزرگتر پیش بینی کرد. تغییرات مهم در رفتار مواد نه تنها در اثر تغییرات مداوم رفتاری مواد در اندازه کوچک،بلکه بواسطه ظهور پدیده های جدید ایجاد میشوند.اگر بتوانیم اندازه و شکل را کنترل کنیم، خواهیم توانست خصوصیات مواد و عملکرد قطعاتی را که هم اکنون میسازیم بهبود دهیم .ساخت، ترکیب و مجتمع سازی چنین قطعاتی در مقیاس نانو، انقلابی در علم و فناوری ایجاد می کند تا ما بتوانیم اصول و خصوصیات پنهان آنها را کشف کرده و به کار گیریم. فناوری نانو، به دلیل گسترده بودن بر طیف وسیعی از فعالیت ها و فناوری ها تاثیر داشته و اهمیت زیادی در پیشرفت بخشهای مختلف دارد .پیوند علوم مواد، فیزیک، شیمی و علوم مهندسی در حوزه نانوتکنولوژی، عرصه ای را بوجود می آوردکه ماشین آلات و محصولات خود آراینده از اتمهای اولیه ارزان ساخته شوند .نانوتکنولوژی، ساخت ابزارهای مولکولینوین و منحصر به فرد را با بکارگیری خواص شیمیایی کاملا "شناخته شده اتمها و مولکولها (نحوه پیوند آنها به یکدیگر) ارائه میدهد .مهارت مورد نظر در این تکنولوژی، دستکاری اتمها بطور جداگانه و جای دادن دقیق آنها در مکانی است که برای رسیدن به ساختار دلخواه و ایده آل مورد نیاز میباشد .این قابلیت تقریبا " حاصل شده است .بازده پیشبینی شده ازتسلط بر این تکنولوژی بسیار فراتر از موفقیتهایی است که تاکنون انسان بدانها نائل گشته است .بدین ترتیب انسان درمعرض یک انقلاب تسریع شده و قدرتمند ناشی از علم نانوتکنولوژی است. بیش از ۴۰ سال پیش بود که ریچارد فینمن تکنولوژیای را تجسم کرد که با نهایت استفاده از جعبه ابزار طبیعت، اجسام را اتم به اتم یا مولکول به مولکول می ساخت در دو دهۀ اخیر شاهد اولین جرقه های این تجسم بوده ایم و برخی نوآوری ها و کشفیات کلیدی در این مدت مشاهده شده اند، مثلاً میکروسکوپ تونلی روبشی [1] که می تواند تصویری از یک اتم منفرد به ما بدهد و با مهارت آن را

1-Scanning tunneling microscopy

کنترل کند و یا خانوادهای از مولکولها نظیر فولرین ها و نانولوله های کربنی که خواص منحصر به فردی دارندرا تصویرسازی کرده وخواصشان را کنترل نماید.اگر تمامی اهداف مطرح شده برای علم نانوتکنولوژی برآورده شوند،یک پایه تکنولوژیکی جدید پدید خواهد آمد که اثرات اجتماعی و اقتصادی اساسی خواهد داشت کلید تکنولوژی تنها در دانش آن نیست، بلکه در ترکیب دانش و مهندسی می باشد. بی تردید رشد و توسعه هر فناوری جدید نیازمند اطلاعات امیدوارکننده از چشم انداز اقتصادی آن می باشد . هیچ فناوری جدیدی بدون امید به آینده ای روشن و بطور مشخص بدون امید به سودآوری نمی تواند مورد اقبال و توجه قرار گیرد فناوری نانو نیز از این قاعده مستثنی نیست، لذا سرمایه گذاران و منابع مالی تا وقتی که از سودآوری سرمایه های خودمطمئن نشوند به سرمایه گذاری در فناوری نانو نخواهند پرداخت و واضح است که توسعه بدون سرمایه گذاری معنی ندارد. در همین راستا، علی رغم مشکلات بسیار زیادی که برای برآورد بازارهای فعلی و تخمین بازارهای آینده محصولات فناوری نانو وجود دارد، برخی از شرکتهای اقتصادی مطالعات گسترده ای در این زمینه انجام داده و ارقامی را ارائه نمودهاند که همگی موید گسترش شگفت انگیز این بازار است معروفترین این ارقام، پیش بینی بازار سالانه ۱۰۰۰ میلیارد دلاری برای فناوری نانو در سالهای ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵ توسط بنیاد ملی علوم آمریکا است.

جدول شماره ۱-۱: برآورد بازارهای جهانی نانو در سال های اخیر

سال	تخمین بازار جهانی	منبع
۲۰۰۱	۳۱ تا ۵۵ میلیاردپوند	German government(2001);CORDIS,1999
۲۰۰۵	۱۰۵ میلیارد پوند	Evolution capital,UK,2001
۲۰۰۸	۵۰۰ میلیارد پوند	US Nano Business Alliance,US,2001
۲۰۱۰	۷۰۰ میلیارد پوند	US Government(2001); Evolution capital,UK,2001
۲۰۱۱-۲۰۱۵	بیش از ۱۰۰۰میلیارد دلار	US NSTC NSET sub-committee,2001

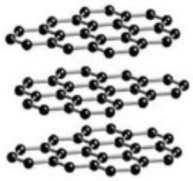
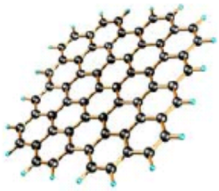
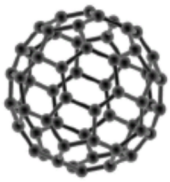
درپایان هر چند به درستی نمی توان بازار فناوری نانو را پیش بینی کرد. اما اطلاع یافتن از بزرگی این بازار و قابلیتهای عملی آن برای سرمایه گذاران بسیار حیاتی است و بر اهمیت روزافزون مشارکت در این حوزه جدید از فناوری دلالت می کند.

۱-۲ نانوساختارهای کربن[1]

کربن ششمین عنصر جدول تناوبی واولین عنصراز گروه (IVA) است.کربن به صورت مشخص یک نافلز است وبیشتر به صورت ترکیب در زغال سنگ،گازطبیعی،کانی های کربنات دار مانند سنگ آهک

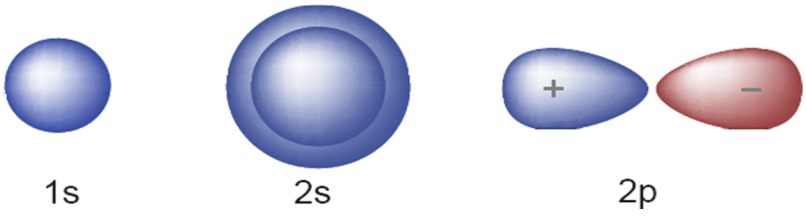
1 -Carbon allotropes

وهمچنین درموجودات زنده گیاهی وحیوانی وجود دارد.این عنصر به صورت طبیعی در الماس و گرافیت یافت می شود.کربن نسبتا کم اثر بوده بطوری که در طبیعت به حالت آزاد بسیار فراوان است .عنصر کربن در طبیعت به اشکال مختلفی موجود است از جمله این اشکال می توان به گرافیت(ازچندلایه های گرافین تشکیل شده است)، الماس، دوده(کربن بی شکل یاآمورف)، فولرین ونانولوله ها اشاره کرد [۱].

3D	graphite	sp^2	σ, π, van der Walls	
2D	graphene	sp^2	σ, π	
1D	CNTs	sp^2 (deformed)	more σ, less π	
0D	fullerenes	sp^2 (deformed)	more σ, less π	

شکل ۱-۱ : الوتروپهای کربن

یک اتم کربن منفرد دارای آرایش الکترونی $۱s^2$/ $۲s^2$ $۲p^2$ است.که شکل اوربیتالهای S ,۲P,۲Sبه صورت شکل (۱-۳) می باشد.



شکل ۱-۲ : اوربیتالهای s 1و s 2و p 2