**گرافن، جادوي قرن بيست‌ و يك :**

چند سالی است که گرافن به یکی از جالب توجه‌ترین سوژه‌های دنیای فناوری تبدیل شده است؛ ماده‌ای سخت‌تر از الماس، رساناتر از مس و با شفافیتی بالا که می‌تواند به بسیاری از عرصه‌های علم و فناوری نفوذ کند. نمودی از اهمیت گرافن را می‌توان در اختصاص جایزه نوبل فیزیک به دو دانشمندی که مطالعات خود را بر آن متمرکز کرده‌بودند دانست؛ ماده‌ای که به گفته کنستانتین نووسلوف یکی از دو دانشمند مذکور، به مثابه یک معدن طلا است.حتی قبل از این‌که پیشگامان تحقیق بر روی گرافن، جایزه نوبل فیزیک را به خود اختصاص دهند، از این ماده به عنوان «حادثه بزرگ بعدی» یاد می‌شد. خیلی‌ها اعتقاد دارند که این ماده پایانی بر سیلیکون خواهد بود.دراین مطلب به معرفی گرافن وصفحه مختصات گرافنی می پردازیم.



گرافن را «ماده جادويي» قرن 21 مي‌نامند. اين ماده كه گفته مي‌شود محكم‌ترين ماده‌اي است كه تاكنون مورد مطالعه قرار گرفته، جايگزيني براي سيليكون است و خواص عجيب آن مانند بيشترين ميزان رسانايي الكتريكي در بين مواد شناخته شده، دنياي علم و رسانه‌ها) را تكان داده است .گرافن ماده اي منحصربه فرد با پايه‌ي كربني و دانسيته‌ي اتمي بالاست. تركيب غير عادي خواص آن نظير سختي و استحكام مكانيكي بسيار بالا، رسانايي الكتريكي و حرارتي بالا و قابل تنظيم، خصوصيات عالي نوري وسطحي است وازطريق عامل دار كردن شيميايي ،موردتوجه خاص محققان قرارگرفته است و اين حقيقت كه شيميدانان به سختي ميتوانند جايگزيني براي گرافن پيدا كنند، سبب شده كه اين ماده داراي كاربردهاي فراواني در نانوالكترونيك، پيلهاي خورشيدي و ابزارهاي ذخيره انرژي مثل باطري‌‌‌ ‌ها و ابرخازن‌ها باشد.

 معرفي گرافن (Graphene):

اما گرافن‌چيست؟ جديدترين تعريفي كه براي گرافن ارائه شده اين است كه: گرافن ماده‌اي تخت و تك‌لايه متشكل از اتم‌هاي كربن است كه اين اتم‌ها در يك شبكه دوبعدي و كند‌و مانند به هم متصل شده‌اند و اين ساختاري است كه همه مواد گرافني در ابعاد ديگر نيز از آن تبعيت مي‌كنند.اين ماده داراي ضخامت يك اتم با ويژگي‌هاي منحصربه‌فرد است ،كه به دليل ضخامت كم اين ماده را به عنوان باريك ترين ماده جهان نيز مي شناسند. درواقع گرافن اصطلاحي هست كه به نوارهاي بسيار نازكي از تك لايه هاي گرافيت گفته مي شود،اگر گرافيت را يك دفترچه از صفحات موازي در نظر بگيريم ،به هر ورق آن گرافن گفته مي شود.

همان طور كه مي دانيم گرافيت يكي از آلوتروپ هاي (اشكال)كربن است. يكي از راه هاي توليد گرافن اين است كه اينقدر لايه هاي گرافيت را از هم دور كنيم تا به گرافن تبديل شود. (ورقه ‌ورقه كردن گرافيت)

همان طور كه گفتيم صفحات گرافن با كنار هم قرار گرفتن اتم‏هاي كربن تشكيل مي‏شوند. در يك صفحه گرافن، هر اتم كربن با 3 اتم كربن ديگر پيوند داده است. اين سه پيوند در يك صفحه قرار دارند و زواياي بين آن‏ها با يكديگر مساوي و برابر با 120°است. در اين حالت، اتم‏هاي كربن در وضعيتي قرار مي‏گيرند كه شبكه‏‌اي از شش ضلعي‏هاي منتظم را ايجاد مي‏كنند. البته اين ايده‏آل‏ترين حالت يك صفحه‏ي گرافن است. در برخي مواقع، شكل اين صفحه به گونه‏اي تغيير مي‏كند كه در آن پنج‌ضلعي‏ها و هفت‌ضلعي‏هايي نيز ايجاد مي‏شود.



ساختار اتمي صفحه گرافن: در اين تصوير اتم‏هاي كربن با نقاط سياه و پيوندها با نقطه چين نمايش داده شده‏اند.

در يك صفحه گرافن، هر اتم كربن يك پيوند آزاد در خارج از صفحه دارد. اين پيوند مكان مناسبي براي قرارگيري برخي گروه‏هاي عاملي و هم چنين اتم‏هاي هيدروژن است. پيوند بين اتم‏هاي كربن در اينجا كوالانسي بوده و بسيار محكم است. بنابراين گرافن استحكام بسيار زيادي دارد .گفتيم گرافيت نيز كه يك ماده‏ي كربني پر مصرف و شناخته شده است، از روي هم قرار لايه‏هاي گرافن و تشكيل يك ساختار منظم تشكيل مي‏شود. اما همانطور كه مي‏دانيم، گرافيت بسيار نرم است.

به نظر شما دليل اين امر چيست؟

آنچه لايه‏ هاي  گرافن را روي يكديگر نگه مي‏دارد، پيوندهاي واندروالس بين آن‏هاست. اين پيوند بسيار ضعيف است‏. بنابراين لايه‏هاي گرافن به راحتي مي‏توانند روي هم بلغزند و به همين دليل گرافيت (نوك مداد سياه) نرم است.

گرافن سخت‌ترين و نازك‌ترين ماده‌اي است كه بشر تاكنون به‌آن دست يافته‌‌است. اين ماده با وجود اين‌كه ساختار متراكمي دارد، به علت ضخامت بسيار اندكش كه برابر با ضخامت يك اتم كربن است، نور را از خود عبور مي‌دهد و از شفافيت 97,3 درصد برخوردار است

گرافن سخت‌ترين و نازك‌ترين ماده‌اي است كه بشر تاكنون به‌آن دست يافته‌‌است. اين ماده با وجود اين‌كه ساختار متراكمي دارد، به علت ضخامت بسيار اندكش كه برابر با ضخامت يك اتم كربن است، نور را از خود عبور مي‌دهد و از شفافيت 97,3 درصد برخوردار است؛ همچنين آساني تهيه و رسانا بودن اين ماده و قابليت آن در عبور دادن گرما و جريان الكتريسيته آن‌را به گزينه‌اي جديد براي استفاده در پنل‌هاي نوري و كامپيوترها تبديل كرده‌است.شايد به همين دليل است كه از اين ماده در ساخت نمايشگرهاي لمسي بسيار ظريف و مقاوم استفاده خواهد شد.هم اكنون گرافن درحال نفوذ به كاربرد هاي الكترونيكي مي باشد وممكن است بزودي پايه واساس تجهيزات الكترونيكي را عوض كند.با استفاده از گرافن ،ساخت وسايل برقي كوچك،قابل انعطاف وكم هزينه ،ممكن خواهد بود.



در همين راستا، سامسونگ و آي‌بي ام  از جمله شركت‌هايي هستند كه قصد دارند اين ماده نوظهور را به صورت كاربردي مورد استفاده قرار دهند.

جيمز هون، استاد مهندسي مكانيك دانشگاه كلمبيا مي‌گويد: "پژوهش‌هاي ما گرافن را به عنوان مستحكم‌ترين ماده شناخته شده تاكنون ثبت كرده است. گرافن 200 برابر قوي‌تر از فولاد است و براي اين كه يك مداد بتواند يك ورقه نازك گرافن را سوراخ كند، بايد وزن يك فيل را به آن اعمال كرد".

كاربردهاي متعدد گرافن حتي از خواصش نيز شگفت‌انگيزتر است. گرافن حتي يك ماده هم نيست، بلكه طيف بسيار گسترده‌اي از مواد است. از اين حيث مي‌توان آن را با پلاستيك مقايسه كرد. مي‌توان آن را در هر جايي به‌كار برد، از مواد كامپوزيت مثل فيبر كربني گرفته تا صنايع الكترونيك.

از آن‌جاكه خواص گرافن هنوز ناشناخته است، هر روز دانشمندان بيشتري به كار بر روي پروژه‌هاي آن علاقمند مي‌شوند. اكنون حدود 200 شركت به پژوهش بر روي گرافن مشغولند و فقط در سال 2010  تقريبا 3000 مقاله در مورد آن منتشر شده است.

فوايد آن براي شركت‌ها و مصرف‌كنندگان هم كاملا روشن است: ابزارهاي سريع‌تر و ارزان‌تر كه باريك‌تر و انعطاف‌پذيرترند. به اين فكر كنيد كه گوشي هوشمند خود را لوله كنيد و مانند مداد نجاران، پشت گوش بگذاريد!

اگر گرافن را با كاربردهاي امروزي پلاستيك مقايسه كنيم، بايد به انتظار روزي باشيم كه همه چيز، از پاكت ميوه گرفته تا لباس‌ها، ديجيتال شوند. كارت‌هاي ارتباطي آينده، توان پردازشي به اندازه موبايل‌هاي هوشمند امروزي خواهند داشت. گرافن مي‌تواند كاربردهاي كاملا جديدي در ابزارهاي الكترونيكي شفاف، انعطاف‌پذير و بسيار سريع‌تر از امروز پيدا كند. يك مثال از استفاده‌هاي ديگر آن مي‌تواند افزودن پودر گرافن به تايرها براي قوي‌تر كردن آنها باشد.

 صفحه‏ي مختصات گرافني :

صفحه‏ي مختصات كارتزين يا دكارتي معروف را مي‏شناسيد. اين صفحه، شبكه‏اي است كه از مربع‏هايي با طول و عرض واحد تشكيل شده ‏است. در اين صفحه دو بردار يكه‏ي i و  j هريك به طول يك واحد وجود دارد كه توسط آن‏ها مي‏توان از نقطه‏ي مبدا به هر نقطه‏ي ديگري مثل (nوm) رفت. اين كار با تعريف يك بردار به شكل k=mi+njامكان پذير مي‏گردد.



 صفحه‏ي مختصات دكارتي؛ بردارهاي يكه‏ي iو j هم اندازه و بر يكديگر عمود هستند

دستگاه مختصات كارتزين، يك دستگاه دو بعدي است كه در آن دو بردار يكه‏ي ياد شده، هم اندازه بوده و بر يكديگر عمود هستند. اما بايد توجه داشت كه تمام دستگاه‏هاي مختصات به اين شكل نيستند. بلكه مي‏توان دستگاه هايي را تعريف كرد كه در آن اندازه‏ي بردارهاي يكه نابرابر و زاويه‏ي بين آن دو مقدار ديگري باشد مانند صفحه‏ي مختصات گرافني. صفحه‏ي مختصات گرافني يك صفحه‏ي دو بعدي متشكل از شش‌ضلعي‏هاي منتظم مي باشد. اين صفحه يادآور شكل منظم كندوي زنبورهاي عسل است.

در اين صفحه‏يِ مختصاتِ دو بعدي، دو بردار يكه‏ي هم اندازه‏ي iو j را به طوري كه در تصوير نشان داده شده است، تعريف مي‏كنيم. زاويه‏ي بين اين دو بردار برابر با 60° است. براي حركت روي اين صفحه مي‏توانيم بردار C=mi+nj را تعريف نماييم. اين بردار را بردار كايرال مي‏ناميم. به عنوان نمونه ما چند بردار دلخواه را با شروع از يك نقطه، به عنوان مبدا، در تصوير 4 رسم كرده‌ايم.



بردارهاي يكه‏ي i و j در صفحه‏ي مختصات گرافني



 بردارهاي كايرال c=4i+2j و c=i+3j در صفحه‏ي مختصات گرافني

همچنين مي‏توانيم زاويه‏ي بين بردار كايرال و محور متناظر با بردار يكه‏ي i را به عنوان زاويه كايرال كه مشخصه‏ي راستاي بردار كايرال است‏ در نظر بگيريم. اين زاويه در تصوير 5 نشان داده شده است. همانطور كه در آينده خواهيم ديد، اين زاويه يكي از مشخصه‏هاي نانولوله‏هاي كربني مي‏باشد.



زاويه‏ي كايرال بين بردار c=4i+3j و محور مربوط به بردار يكه‏ي i



كاربردهاي بالقوه آن را به‌طور خلاصه مي‌توان چنين عنوان كرد:

* ساخت ترانزيستورهاي بسيار كوچك وبسيار سريع با استفاده از گرافن

گروه تحقيقاتي دانشگاه منچستر يك ترانزيستور گرافني يك نانومتري ساخت كه ضخامت آن يك اتم و قطرش برابر ده اتم بود. عده اي پيش بيني كرده بودند كه ترانزيستورهاي مذكور كه از مشتقات گرافن بودند روزي جاي سيليكون را به عنوان پايه ي محاسبات آينده بگيرد.

به مدت چهل سال، يك قانون كلي به نام قانون مور بر محاسبات حكمفرما بوده است. اين قانون پيش بيني مي كند كه تقريباً هر دو سال، تعداد ترانزيستورهاي مورد استفاده روي تراشه ها دو برابر خواهد شد.با اين وجود، سيليكون كه تا به حال پا به پاي قانون مور آمده است، در ابعاد زير ده نانومتر ساختارهاي پايداري ندارد. جديدترين تراشه هاي امروز تنها چهل و پنج نانومتر ابعاد دارند. بنابراين وجود جايگزيني براي سيليكون احساس مي شود.

گرافن ها از خواص رسانشي فوق العادهاي برخوردارن و به همين دليل نامزد نسل آينده ي ترانزيستورهاي سرعت بالا هستند

شركت‌هايي مانند آي‌بي‌ام و نوكيا هم به آينده گرافن اميد بسته‌اند. آي‌بي‌ام يك ترانزيستو 150 گيگاهرتزي توليد كرده است؛ در حالي كه سريع‌ترين ترانزيستور سيليكوني قابل قياس با اين ترانزيستور، در فركانس 40 گيگاهرتز كار مي‌كند.

به گفته دكتر يو مينگ لين از آي‌بي‌ام، "در مورد سرعت ترانزيستورها، در حال حاضر هيچ مرزي براي حد نهايي سرعت آنها وجود ندارد. هرچند به مشكلاتي برخورده‌ايم كه بايد برطرف شوند، ولي فكر نمي‌كنم كه مشكلي با خواص گرافن داشته باشيم"

* ذخيره بسيار متراكم داده‌ها

گروهي از پژوهشگران دانشگاه Rise يك نمونه حافظه شبيه حافظه‌هاي فلش كنوني ساختند كه مبتني بر گرافن طراحي شده‌بود و علاوه بر اين‌كه از چگالي و تراكم بيشتري برخوردار بود، اتلاف حافظه كمتري داشت.
 ذخيره انرژي

 كاربرد گرافن در بخش انرژي نيز قابل توجه است. تلاش‌ها براي استفاده از اين ماده جهت ساخت خازن‌هاي پرقدرت با قابليت ذخيره و انتقال جريان الكتريسيته آغاز شده‌است. هم‌اكنون نيز بعضي از شركت‌هايي كه در ساخت محصولات الكترونيكي ويژه از نانولوله‌هاي كربني استفاده مي‌كنند، در حال روي آوردن به گرافن هستند. نمونه‌اي از اين محصولات الكترونيكي ويژه، لباس‌هايي هستند كه مي‌توان آن‌ها را پوشيد و در صورت نياز تجهيزات الكتريكي را با آن‌ها شارژ كرد. همچنين از تركيب گرافن و آب براي ذخيره انرژي استفاده مي كنند. آب،سبب خيس نگهداشتن گرافن (به شكل ژل) مي شود ويك نيروي دافعه ميان ورقه‌هاي منفرد ايجاد كرده و با جلوگيري از اتصال دوباره اين ورقه‌ها به يكديگر، امكان استفاده از اين ماده را در كاربردهاي واقعي ايجاد مي‌كند. كارايي ژل گرافني در ابزارهاي ذخيره انرژي هم از نظر ميزان بار قابل ذخيره‌سازي و هم از نظر زمان رهايش اين بار بسيار بهتر از فناوري ديگرِ مبتني بر كربن بود.



دكتر دان لي، استاد دانشكده مهندسي مواد دانشگاه موناش به همراه همكارانش روي گرافن كار كرده‌اند؛ اين ماده مي‌تواند مبنايي براي توليد نسل بعدي سامانه‌هاي بسيار سريع ذخيره انرژي باشد.وي مي‌گويد: «اگر بتوانيم اين ماده را به‌درستي دستكاري كنيم، به‌طور مثال آيفون شما مي‌تواند در عرض چند ثانيه و يا حتي كمتر شارژ شود.

* تجهيزات نوري، سلول‌هاي خورشيدي و نمايشگرهاي لمسي انعطاف‌پذير

 گروهي از پژوهشگران دانشگاه كمبريج اظهار داشتند مزيت اصلي گرافن در اين است كه مي‌تواند نور و الكتريسيته را از خود عبور دهد. اين ويژگي‌ها در كنار مزايايي مانند استحكام و انعطاف‌پذيري باعث مي‌شود تا استفاده از آن به افزايش بازده سلول‌هاي خورشيدي و لامپ‌هاي LED بيانجامد، مضاف بر اين‌كه در ساخت تجهيزات نسل جديد از جمله نمايشگرهاي لمسي، نورياب‌ها و ليزرهاي فوق‌ سريع نيز سودمند خواهد بود.

