

درس مقولات ویژه در فیزیک ماده چگال

# میکروسکوپ نیروی اتمی AFM

---

سید محمد مهدی صدرنژاد

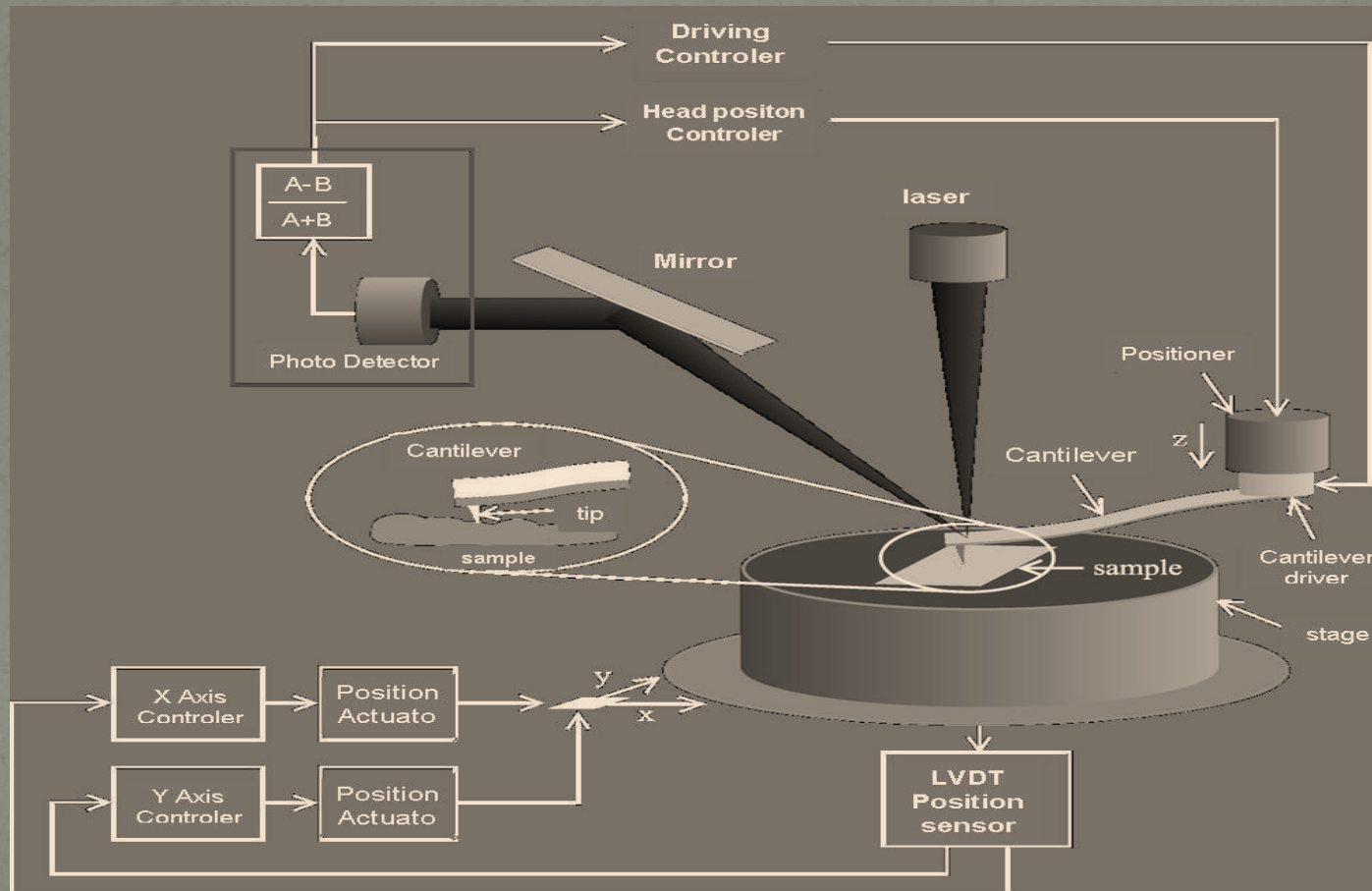
(نیمسال اول سال تحصیلی ۸۹-۱۳۸۸)

# مقدمه

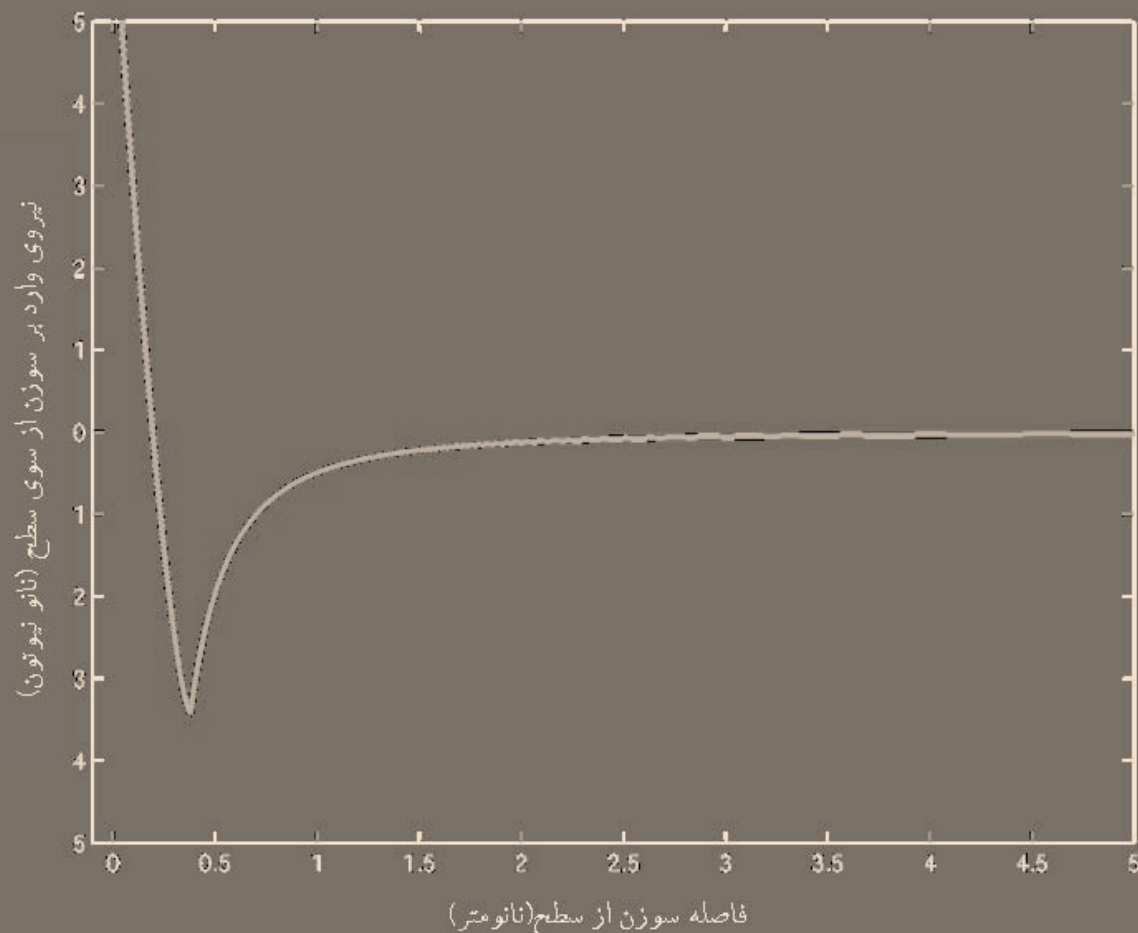
- دستگاهی برای بررسی خواص و ساختار سطحی مواد در ابعاد نانومتر
- مزایا استفاده از میکروسکوپ نیرو اتمی:
- امکان عملکرد در محیط های مختلف مانند: خلا، هوا و مایع
- انعطاف پذیری، سیگنالهای بالقوه متعدد و امکان عملکرد دستگاه در مدهای مختلف و عدم وجود محدودیت اساسی در نوع و محیط سطح
- سطوح: رسانا یا عایق، نرم و سخت، منسجم و پودر، بیولوژیک و آلی یا غیرآلی
- خواص قابل اندازه گیری:
- مورفولوژی هندسی
- توزیع چسبندگی
- اصطکاک
- ناخالصی سطحی
- جنس نقاط مختلف
- کشسانی
- مغناطیس
- بزرگی پیوندهای شیمیایی
- توزیه بارهای الکتریکی سطحی
- قطبش الکتریکی نقاط مختلف



# نحوه عملکرد AFM

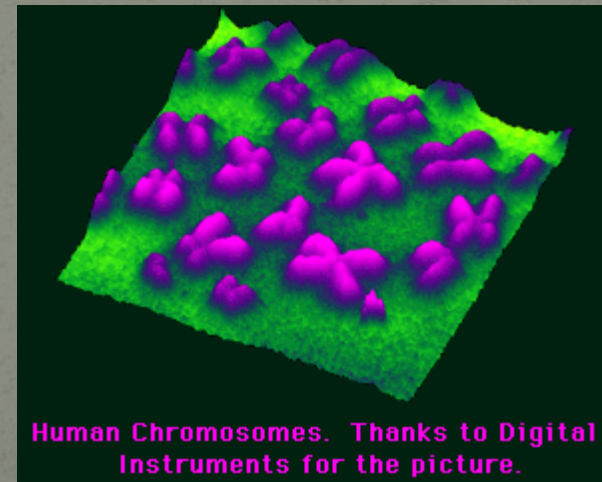
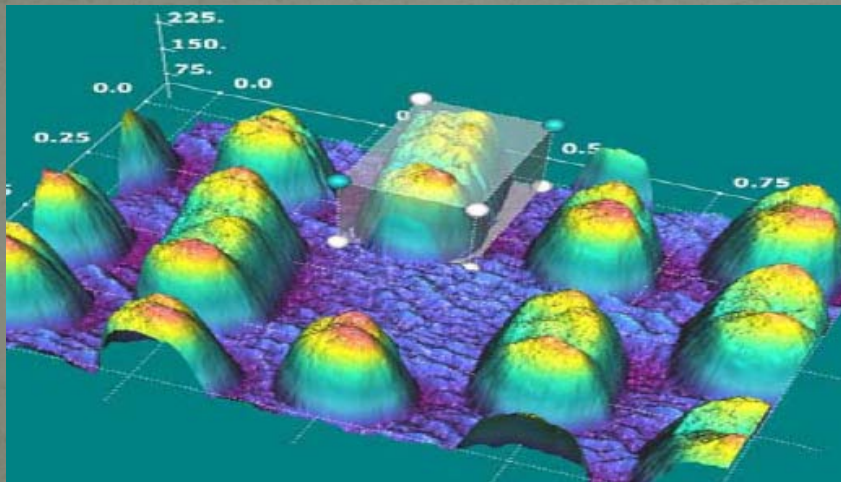
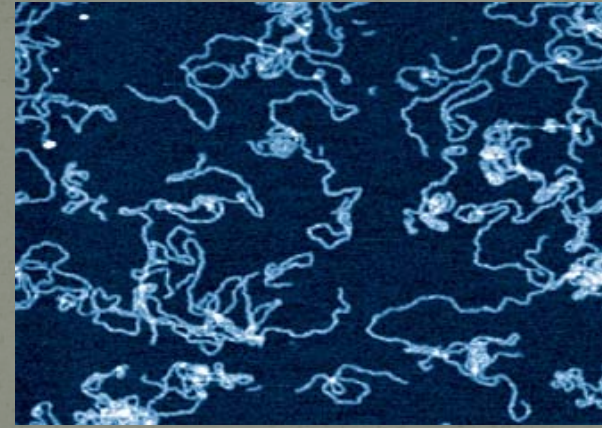
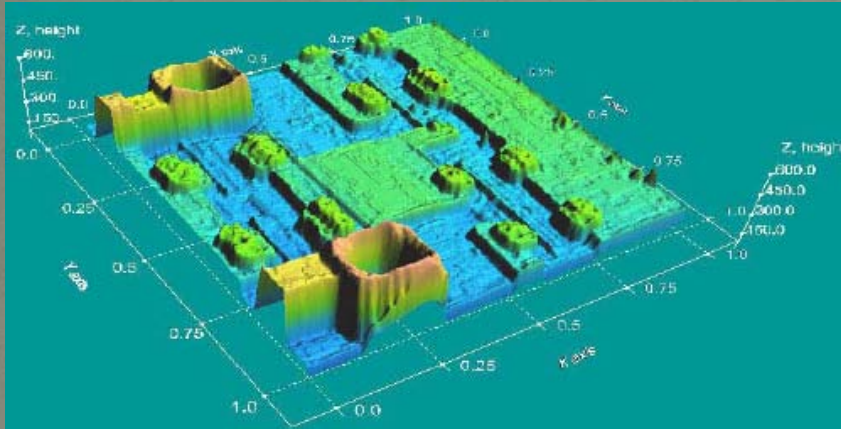


# تابعیت نیروی وارد بر سوزن از فاصله سوزن با سطح

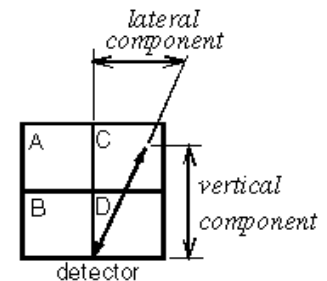
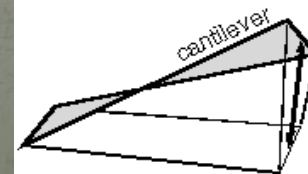
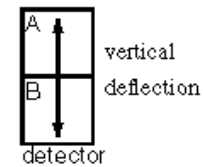
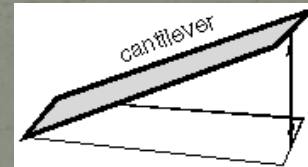
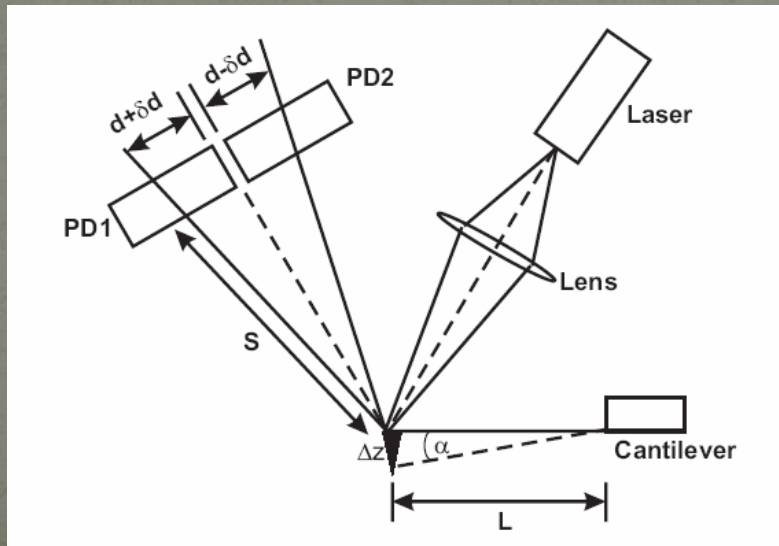
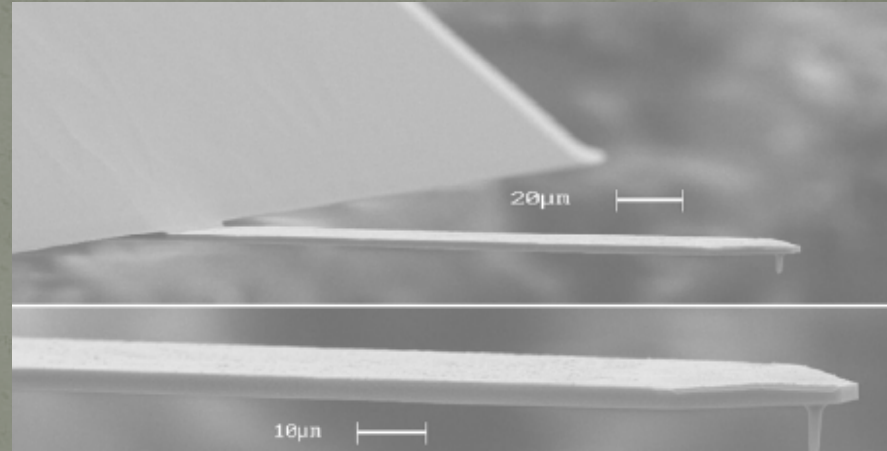
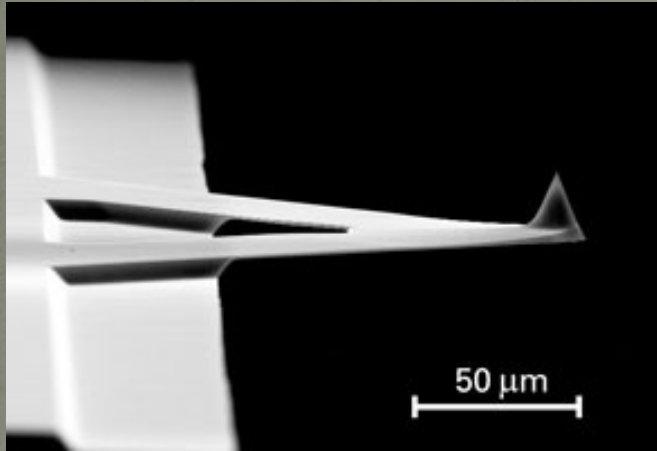




# چند نمونه عکس AFM

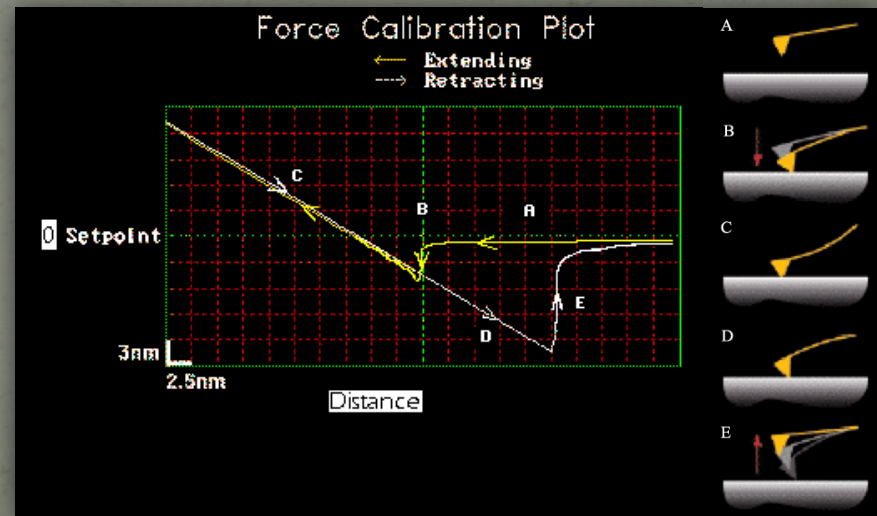
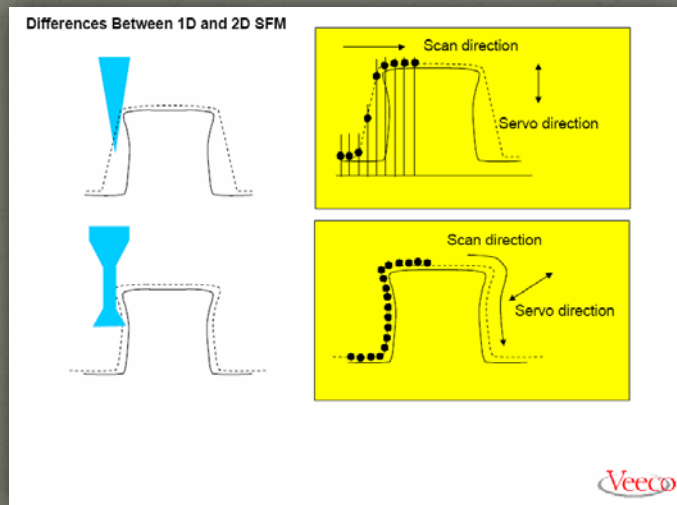
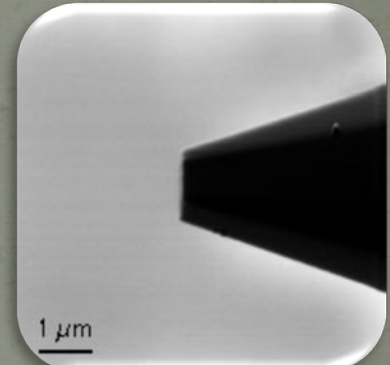
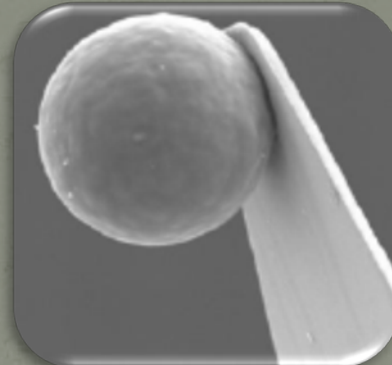
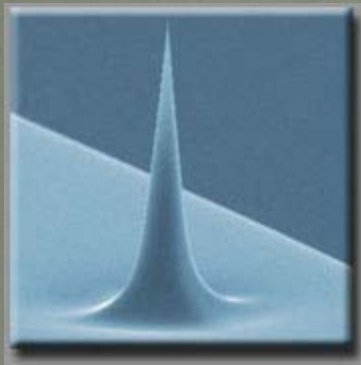


# انواع و آشکار سازی جهت گیری تیرک





# سوزنها و برهمکنش سوزن با سطح

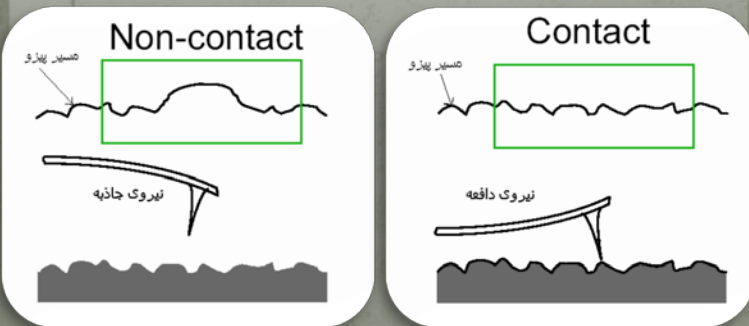
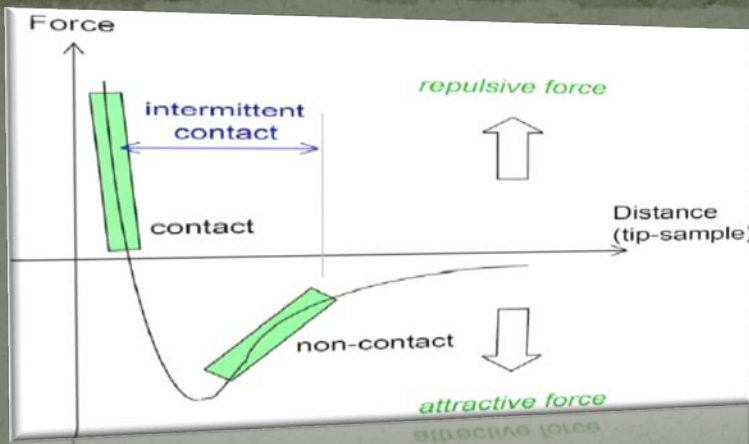


# مدهای AFM

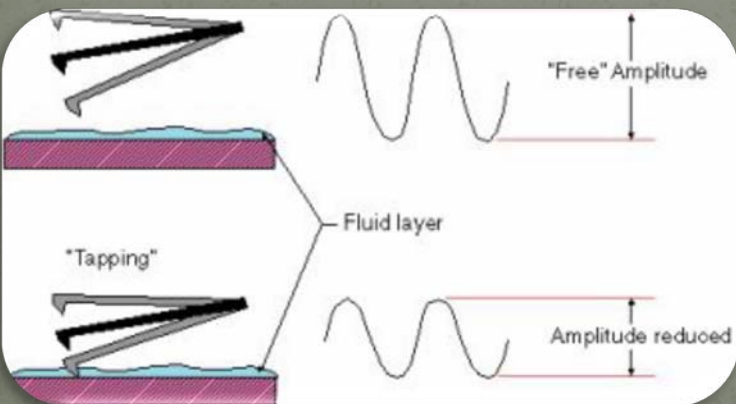
مد نیروی ثابت

مد ارتفاع ثابت

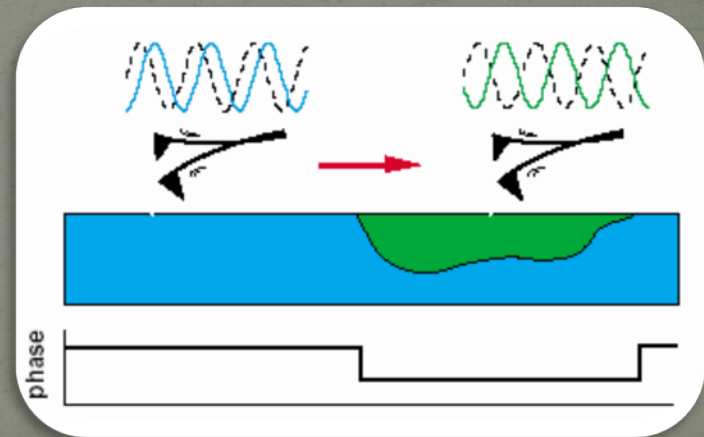
مد دامنه ثابت



مقایسه مد تماسی و غیر تماسی



روشهای شبه تماسی



مد تصویر برداری از اختلاف فاز



# مقایسه با سایر روشهای بررسی ساختار سطح

نوع دستگاه / مورد مقایسه	AFM	STM	TEM	SEM
بیشترین دقت	آنگستروم (بررسی چیدمان اتمی سطوح بر وسیله سوزنهای فوق تیز و بسیار سخت)	آنگستروم	آنگستروم (در نوع تکنیکه پذیری بالا HRTEM)	نانومتر
هزینه	۲۰۰-۱۰۰ دلار (نوع تکنیکه پذیری بالا)		بالای ۵۰۰ دلار (نوع تکنیکه پذیری بالا)	۴۰۰-۲۰۰ دلار (نوع تکنیکه پذیری بالا)
سرعت اندازه گیری و آماده سازی نمونه	- وابسته به مد از چند دقیقه تا چند ساعت - در حالت عادی نمونه آماده سازی نمی خواهد - برای بررسی پودرها و نمونه های بیولوژیکه باید فرآیند تثبیت این مواد به زیر لایه صورت گیرد. - اندازه گیری در محیط خلا نیاز به مدت زمان تخلیه محفظه دارد.	- چندین ساعت برای رسیدن به خلا، بالا مورد نیاز است.	- بررسی نمونه های توده ای (Bulk) نیاز به چندین هفته زمان برای نازک سازی نمونه دارد. - نیاز به خلا، بسیار بالا، حداقل زمان تهیه تصویر را چندین ساعت می سازد.	- چندین ساعت برای رسیدن به خلا، بالا مورد نیاز است
محدودیت	- محدودیت بنیادی بر روی نوع ماده یا محیط آن وجود ندارد و بر حسب شرایط از مد مناسب استفاده می شود. - تنها محدودیت این روش عدم توانایی بررسی ساختار سوراخ هایی با عمقی بیش از طول سوزن است (حدود ۱۰ میکرومتر)	- سطح مورد بررسی حتماً باید مسطح باشد. - برای بررسی سطوح عایق باید سطح یا لایه نازکی از ماده رسانا پوشانده شود که علاوه بر زمانبر بودن باعث تغییر مورفولوژی می شود و تکنیکه پذیری را به چندین نانومتر کاهش می دهد. - وابستگی جریان به عواملی غیر از فاصله سوزن از سطح از جمله چگالی حالات الکترونها، ولتاژ بایاس، و شدت جریان (اثرات غیر خطی) موجب پیچیدگی تحلیل و توضیح نتایج می شود.	- سطح مورد بررسی حتماً باید رسانا باشد. - تهیه تصاویر سه بعدی فرآیند سراسر است و استاندارد نیست و نیاز به کالیبراسیونهای پیچیده دارد. - برای بررسی سطوح عایق باید سطح با لایه نازکی از ماده رسانا پوشانده شود که علاوه بر زمانبر بودن باعث تغییر مورفولوژی می شود و تکنیکه پذیری را به چندین نانومتر کاهش می دهد.	- سطح مورد بررسی حتماً باید رسانا باشد. - تهیه تصاویر سه بعدی فرآیند سراسر است و استاندارد نیست و نیاز به کالیبراسیونهای پیچیده دارد. - برای بررسی سطوح عایق باید سطح با لایه نازکی از ماده رسانا پوشانده شود که علاوه بر زمانبر بودن باعث تغییر مورفولوژی می شود و تکنیکه پذیری را به چندین نانومتر کاهش می دهد.
توانمندی و مزیت	- امکان عمل دستگاه در محیطهای هوا، خلا، و مایع (در نتیجه امکان بررسی ذرات و مواد که در خلا تصعید می شوند یا ذرات معلق در مایع) - تصاویر را بصورت سه بعدی تهیه می کند - بررسی جنس نقاط مختلف سطح و توزیع خواص سطحی ممکن است.	- دقت زیر آنگستروم - حساسیت زیاد جریان به فاصله سوزن از سطح [بیشتر از ۹۰٪ جریان الکتریکی گذرنده از سوزن (سیگنال) از تنگه متکول نوک سوزن و نزدیکترین نقطه سطح می گذرد که باعث ناچیز بودن جریان بقیه نقاط سطح و کم شدن تداخل اطلاعات ناشی از بقیه نقاط می شود. این مساله به افزایش دقت تعیین فاصله سوزن از سطح می انجامد.]	- حساسیت زیاد جریان به فاصله سوزن از سطح [بیشتر از ۹۰٪ جریان الکتریکی گذرنده از سوزن (سیگنال) از تنگه متکول نوک سوزن و نزدیکترین نقطه سطح می گذرد که باعث ناچیز بودن جریان بقیه نقاط سطح و کم شدن تداخل اطلاعات ناشی از بقیه نقاط می شود. این مساله به افزایش دقت تعیین فاصله سوزن از سطح می انجامد.]	- ساختار سه بعدی سوراخ های عمیق سطح هم قابل بررسی هستند. - بررسی جنس نقاط مختلف سطح و توزیع خواص سطحی ممکن است.

با سحر