دانشکده مهندسی نساجی – دانشگاه صنعتی اصفهان

ساختمان فیزیکی الیاف

دکتر مصطفی یوسفی

ELECTRON MICROSCOPS

میکروسکوپهای الکترونی

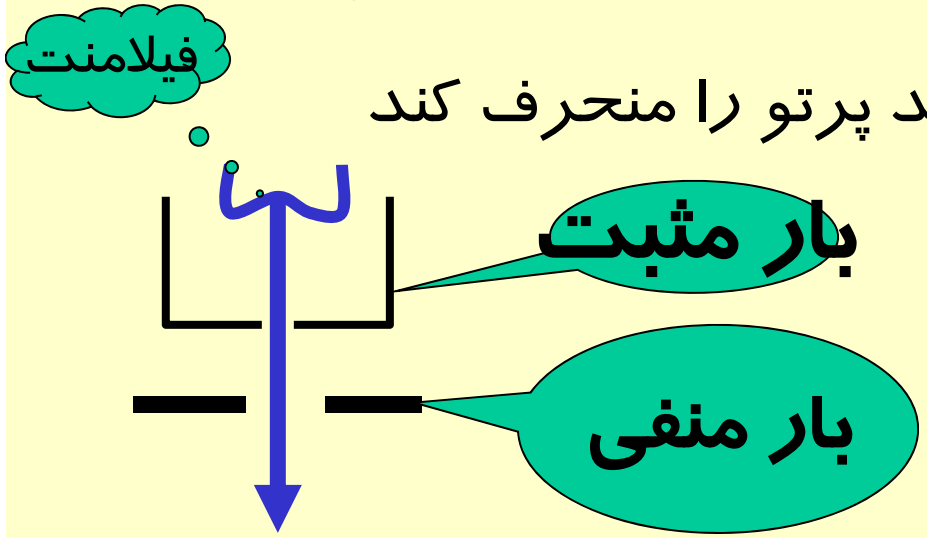
میکرسکوپ الکترونی عبوری TEM

سابقه تکامل میکروسکوپهای الکترونی

- پرتو الکترونی دارای خواص موجی است (de Broglie 1923)

$$\lambda \approx V^{-\frac{1}{2}} \qquad V = 60KV \ldots\ldots \lambda = 0.08$$

- میدان الکترو مغناطیسی میتواند پرتو را منحرف کند (۱۹۲۶)

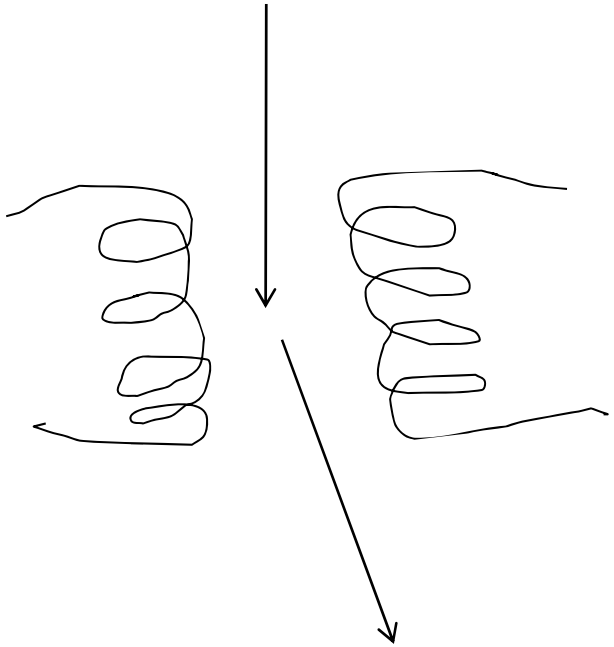


- اختراع عدسی های الکترونی

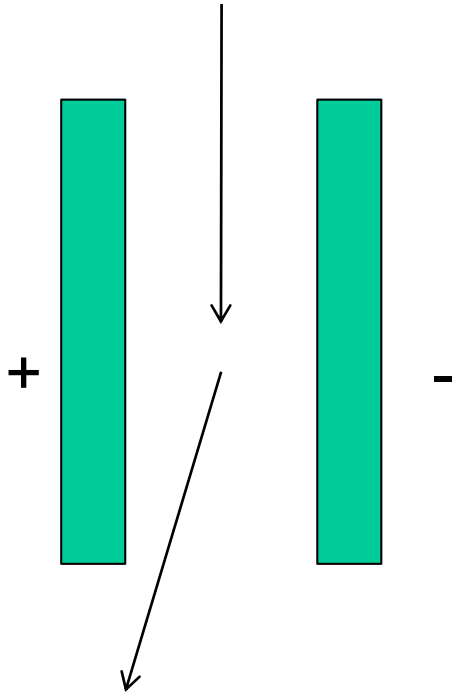
۱- عدسی های الکترومغناطیسی

۲- عدسی های الکترو استاتیکی

هنگامی که الکترون از یک میدان مغناطیسی و یا الکتریکی عبور می کند، تغییر جهت می دهد.

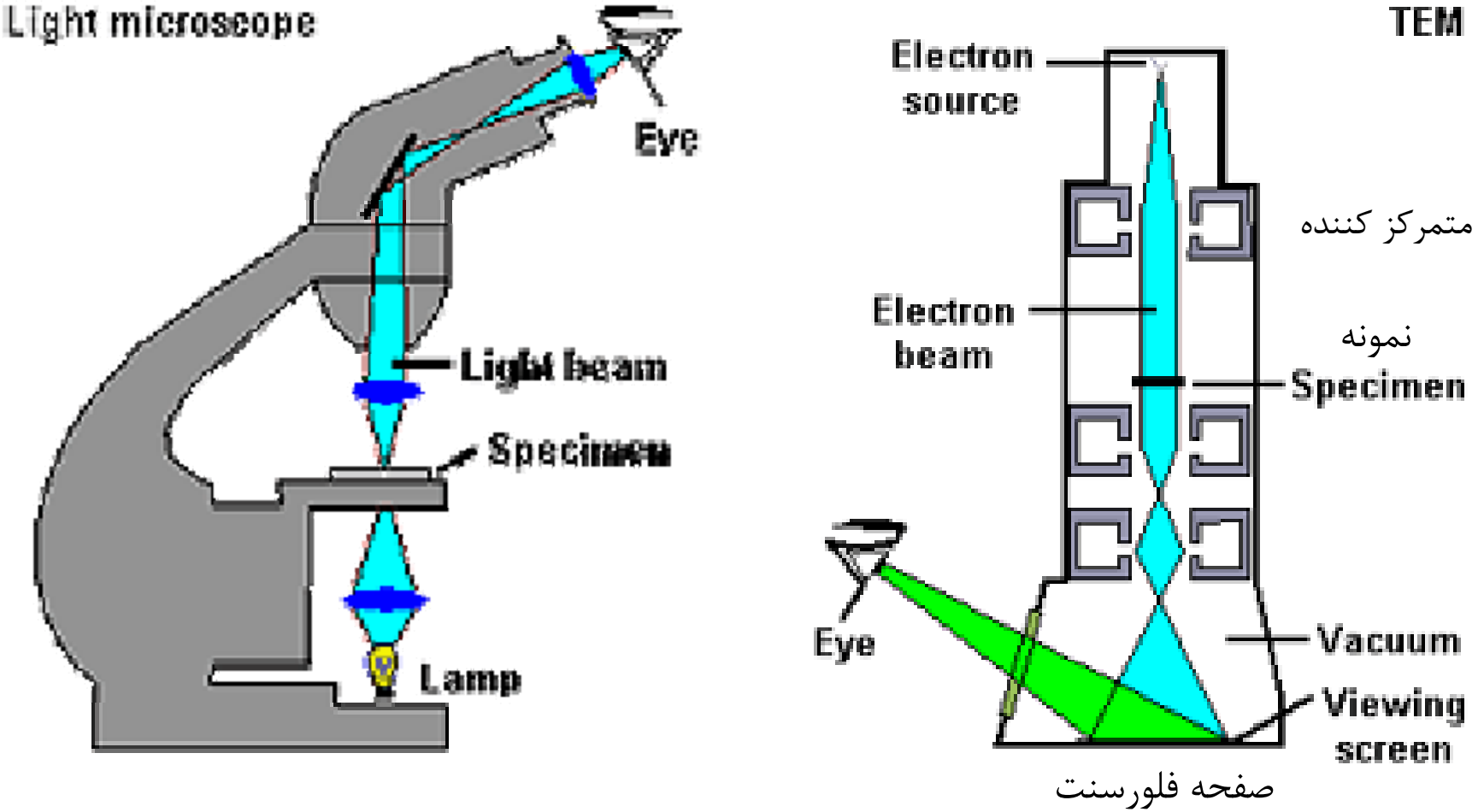


عدسی های الکترومغناطیسی



عدسی های الکترواستاتیکی

مقایسه TEM ومیکروسکوپ نوری



CM 20

قدرت تفکیکRESOLUTION

- اثر پراش

$$d = \frac{0.61\ \lambda}{\sin(\ \alpha\ )} \ldots\ d \approx \frac{1}{\alpha}$$

- بهترین قدرت تفکیک ۰.۲ نانومتر می باشد.

Resolution Power: 0.2 nm at 1 MeV with 20 nm thick sample

عوامل موثر بر قدرت تفکیک میکروسکوپ الکترونی عبوری

- پراش $d \approx \frac{1}{\alpha}$
- خطای کرویت $\approx \alpha^3$
- خطای رنگی:
- نایکنواختی در حوزه مغناطیسی باعث تغییر فاصله کانونی می شود.

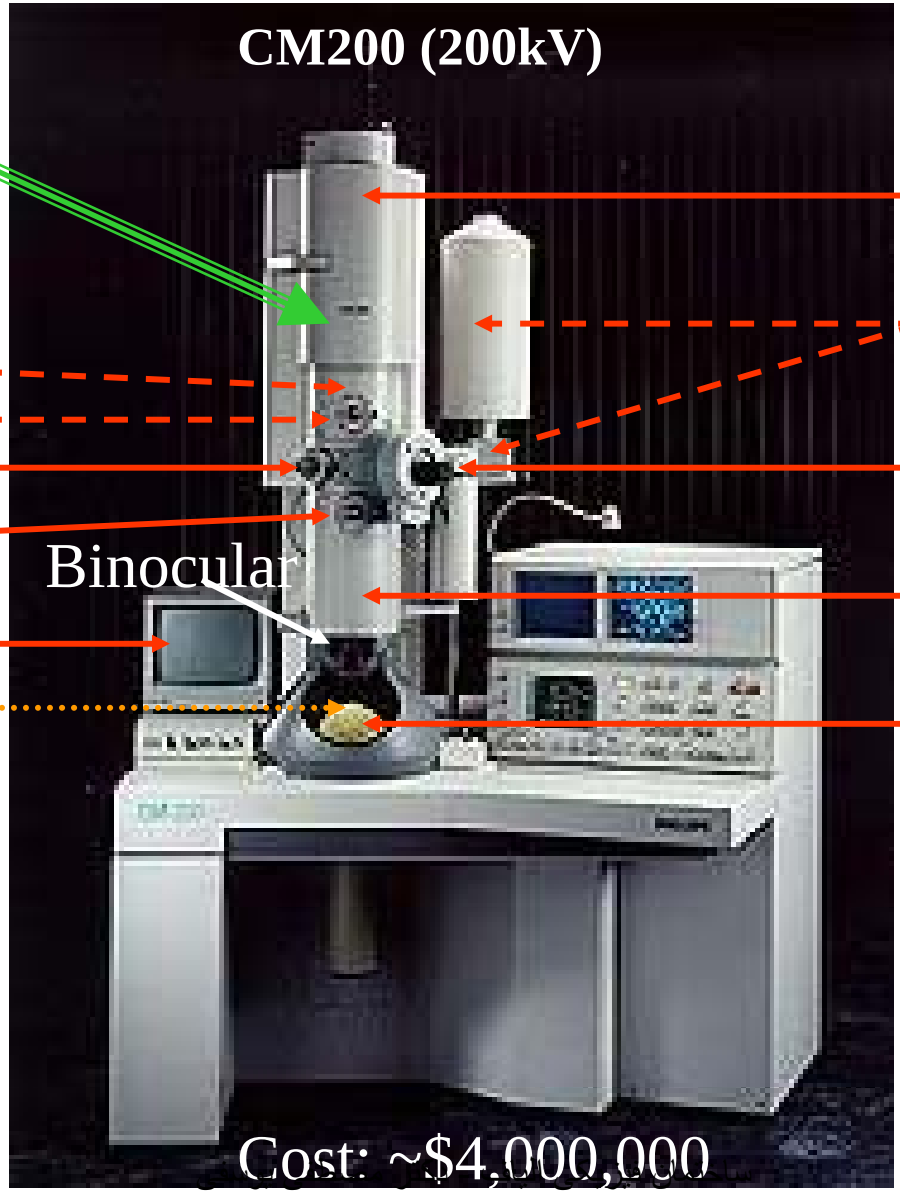
$$\frac{1}{f} \approx (NI)^2$$

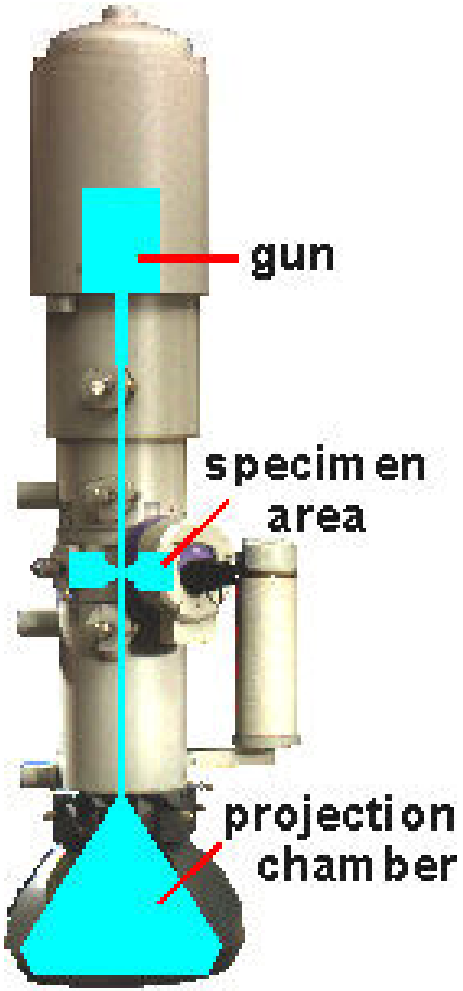
- ضخامت نمونه باید بسیار کم باشد. (ضخامت نمونه از ۱۰ برابر قدرت تشخیص نباید بیشتر باشد.)
- ارتعاشات باید کم باشد. (میکروسکوپ را معمولاً در زیرزمین نصب می کنند.)
- دستگاه گران قیمت می باشد. بیش از یک میلیون دلار.
- نمونه گیری و عکس برداری هم گران می باشد.

Why TEM?

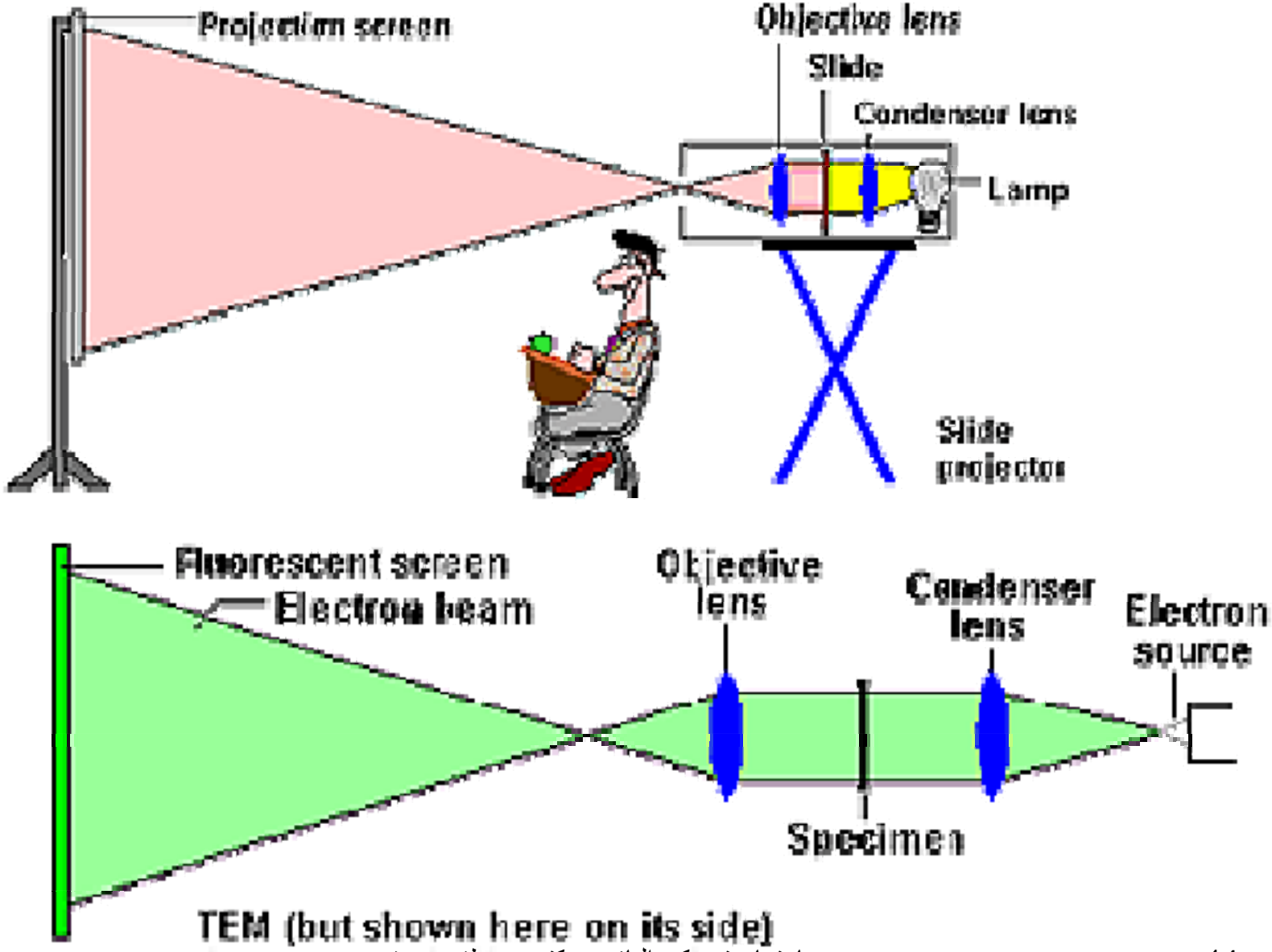
The uniqueness of TEM is the ability to obtain full morphological, crystallographic, atomic structural and microanalytical such as chemical composition, bonding (distance and angle), electronic structure, coordination number data from the sample.
TEM is the most efficient and versatile technique for the characterization of materials.

Basic features of A Modern TEM




gun
specimen
area
projection
chamber

A simple analogue



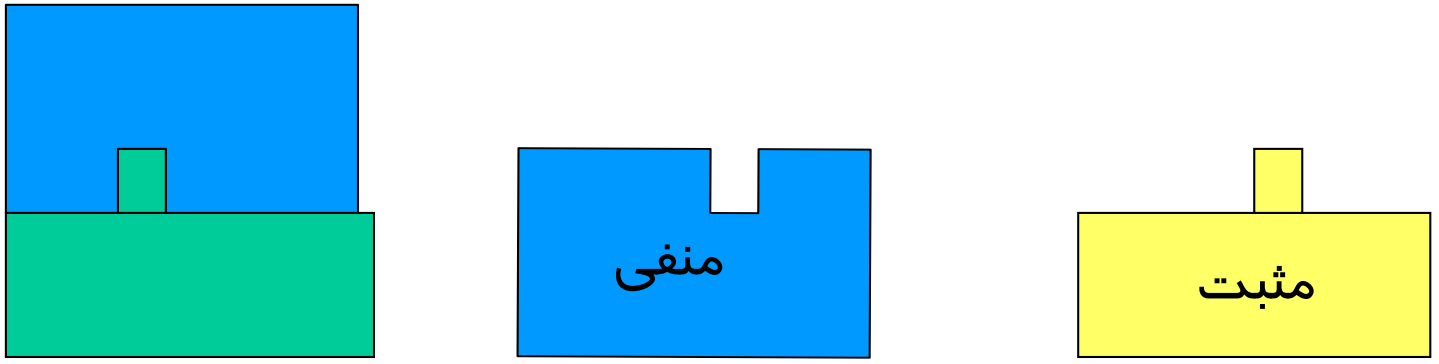
Mechanisms of Image Formation

در TEM الکترون ها از نمونه عبور می کنند. جذب، پراکندگی و پراش الکترونها نقش عمده ای در تشکیل تصویر دارد.

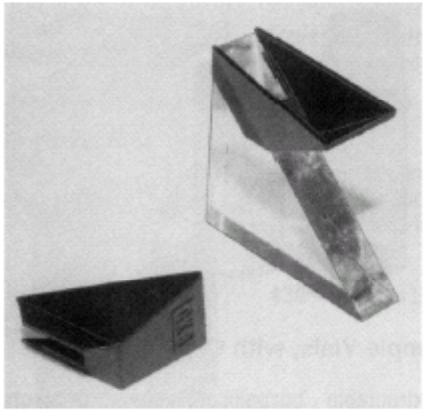
- *Mass-thickness contrast* (biology and polymer specimens)
- *Diffraction contrast* (major image formation mechanisms)
- *Phase contrast* (high resolution image of crystal lattice)

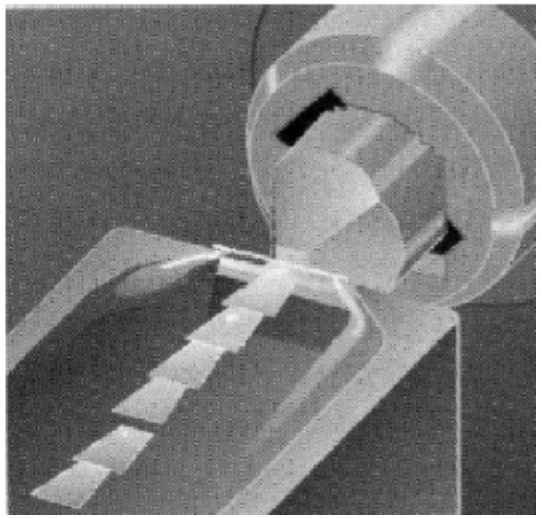
تهیه نمونه درمیکروسکوپ الکترونی عبوری

- استفاده از مایعات جدا کننده -- آب – اسید
- تجزیه مکانیکی ...آسیاب - ارتعاشات صوتی
- ریز بریmicrotomy
- قالب گیری .... منفی و مثبت

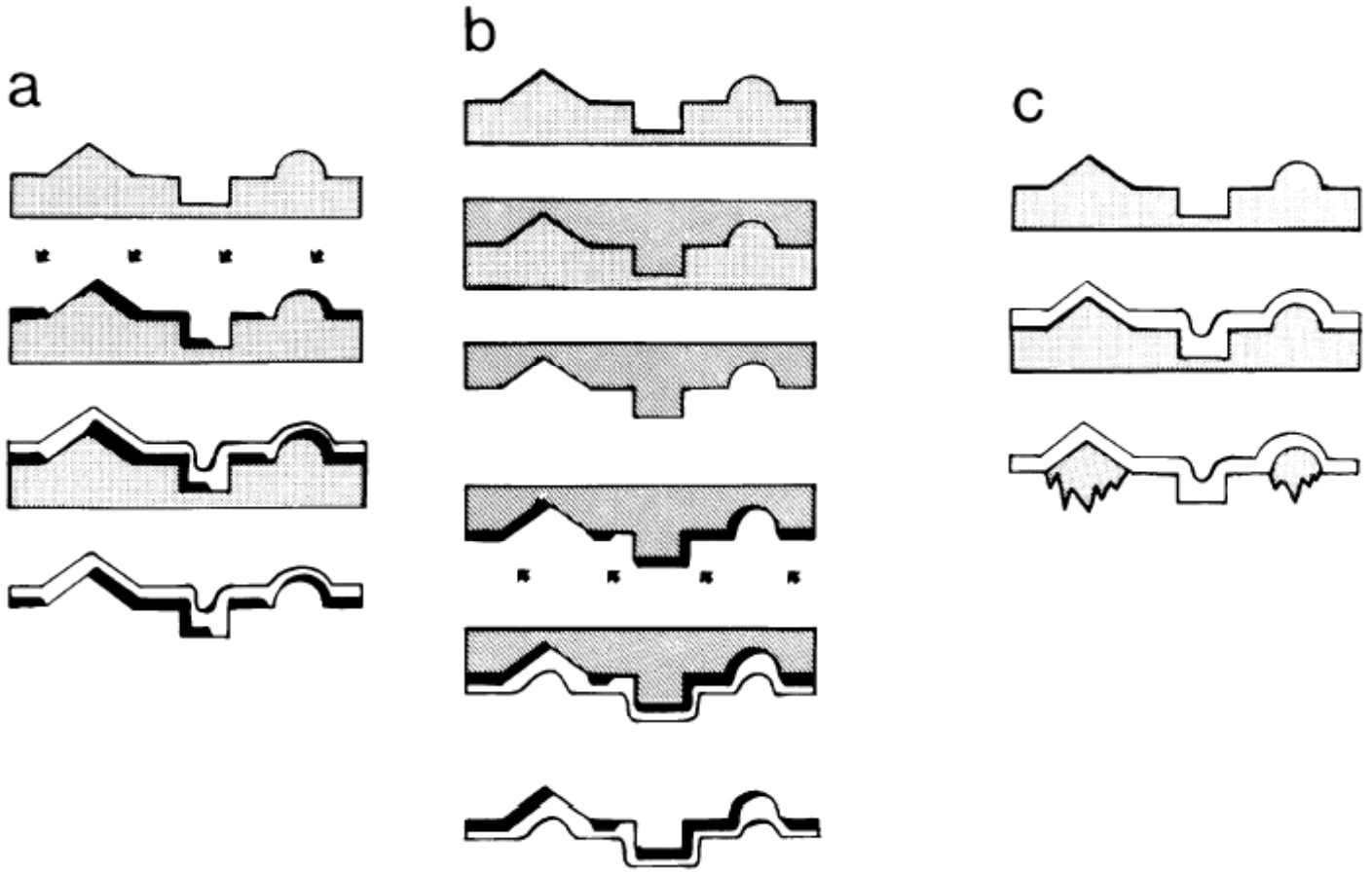


Ultra - Microtomy



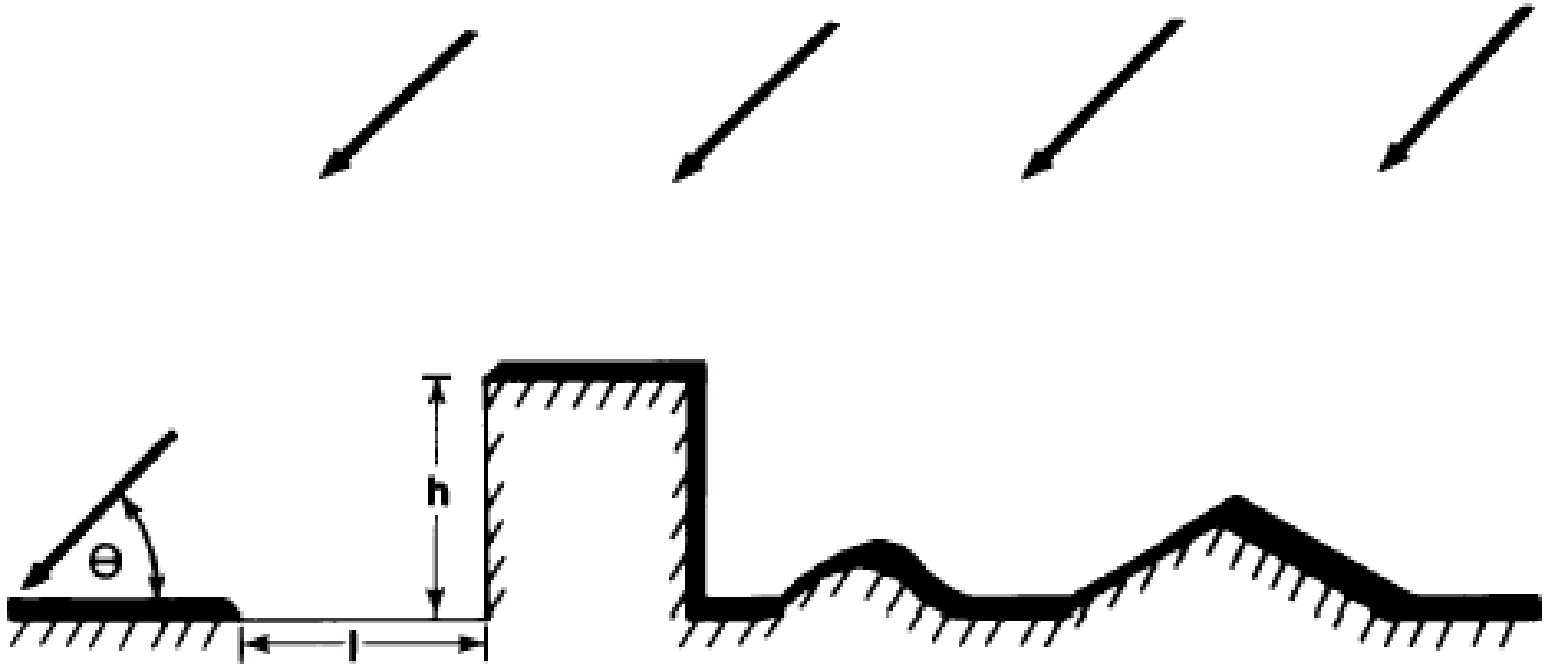


تهیه نمونه TEMبه روش قالب گیری
Sample replicas



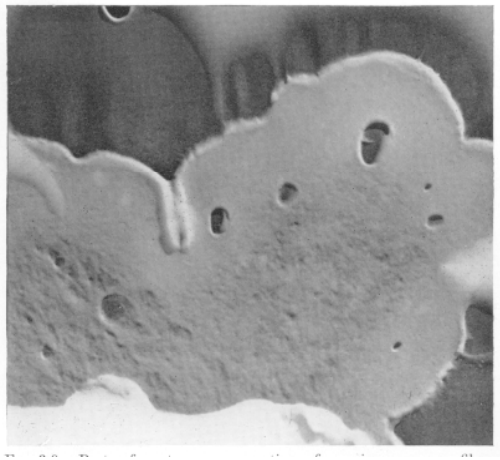
Schematic illustrations of the procedure used to make (a) single stage replicas; (b) two stage replicas; (c) extraction replicas.

روش سایه دار کردن نمونه



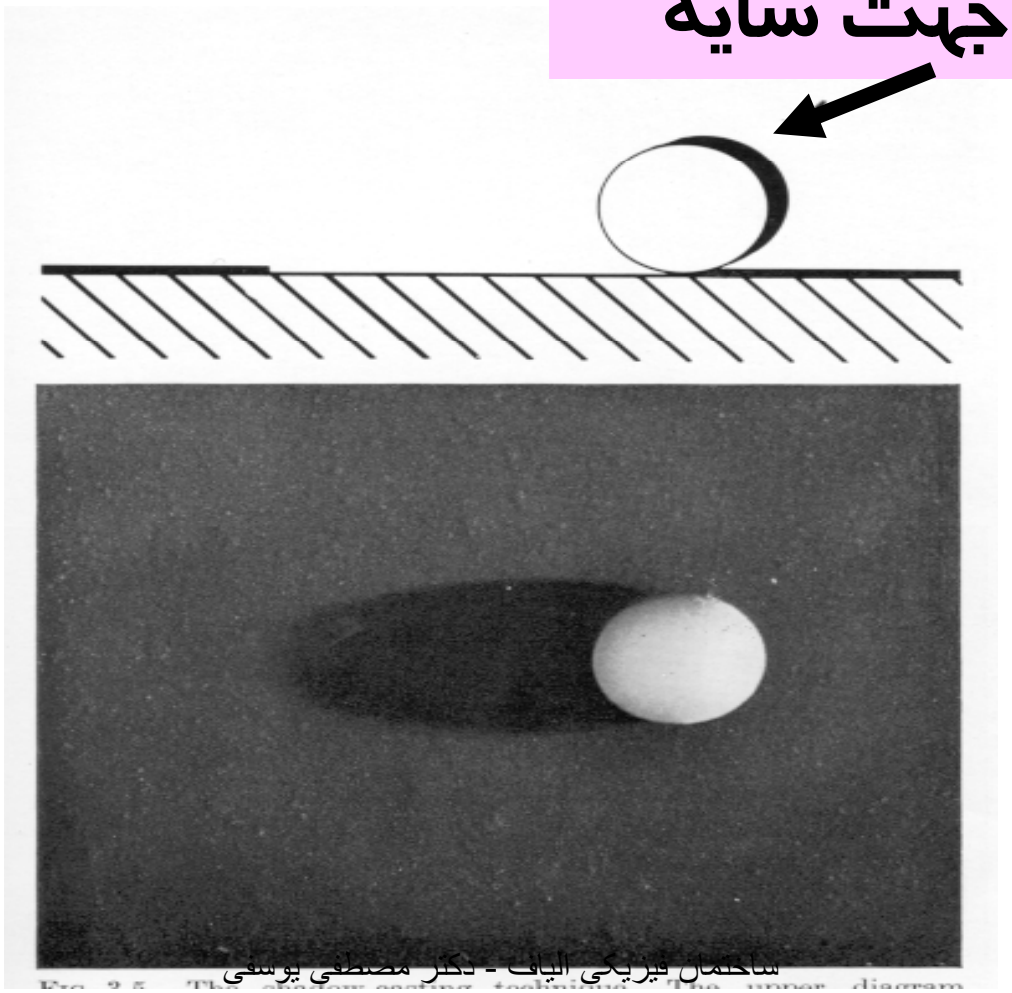
Schematic illustration of the shadowing process.

قسمتی از سطح مقطع لیف اکریلیک



SHADOW- CASTING

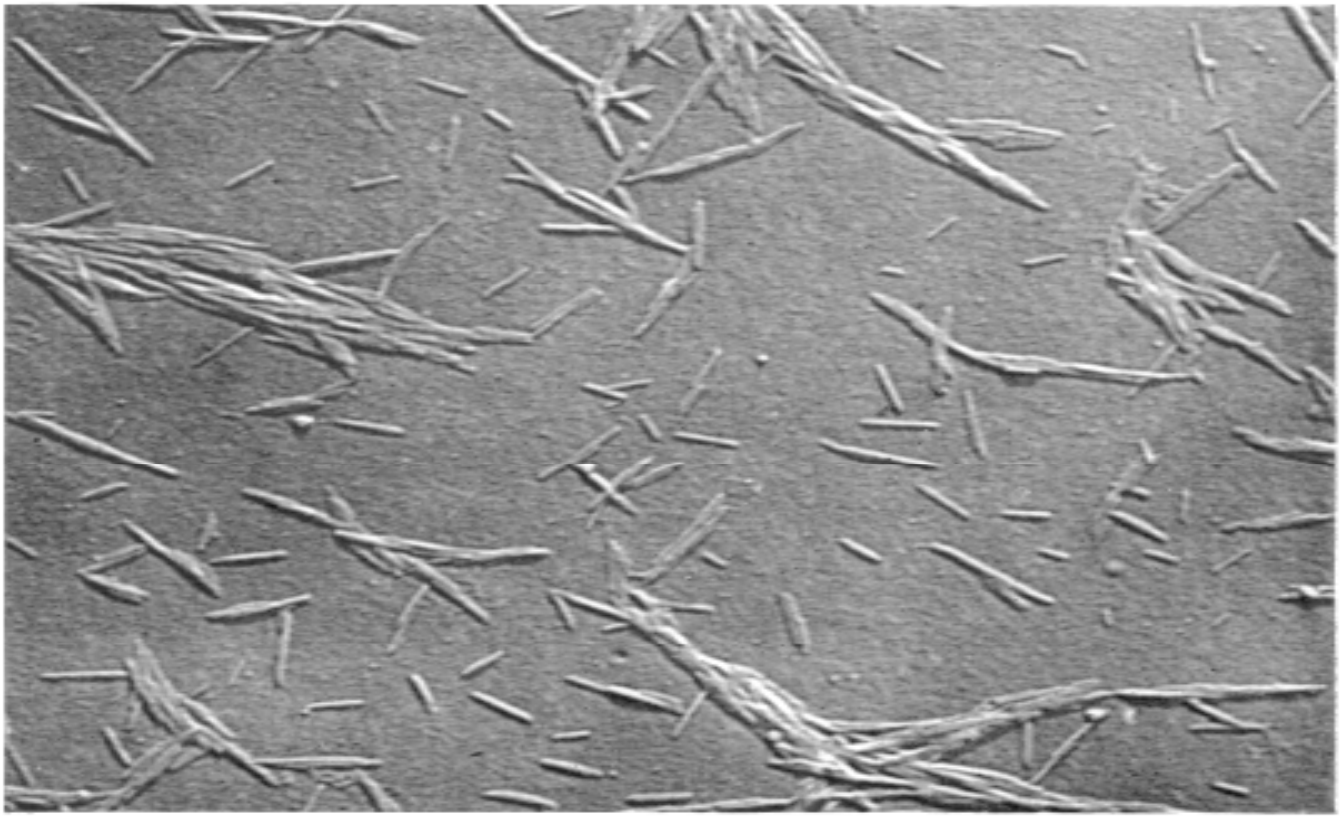
کردن دار جهت سایه



الیاف پنبه – تجزیه شیمیائی

اسید سولفوریک - بزرگنمایی= ×

۵۰۰۰۰



الیاف فورتیزان - تجزیه مکانیکی
بزرگنمائی5000× =

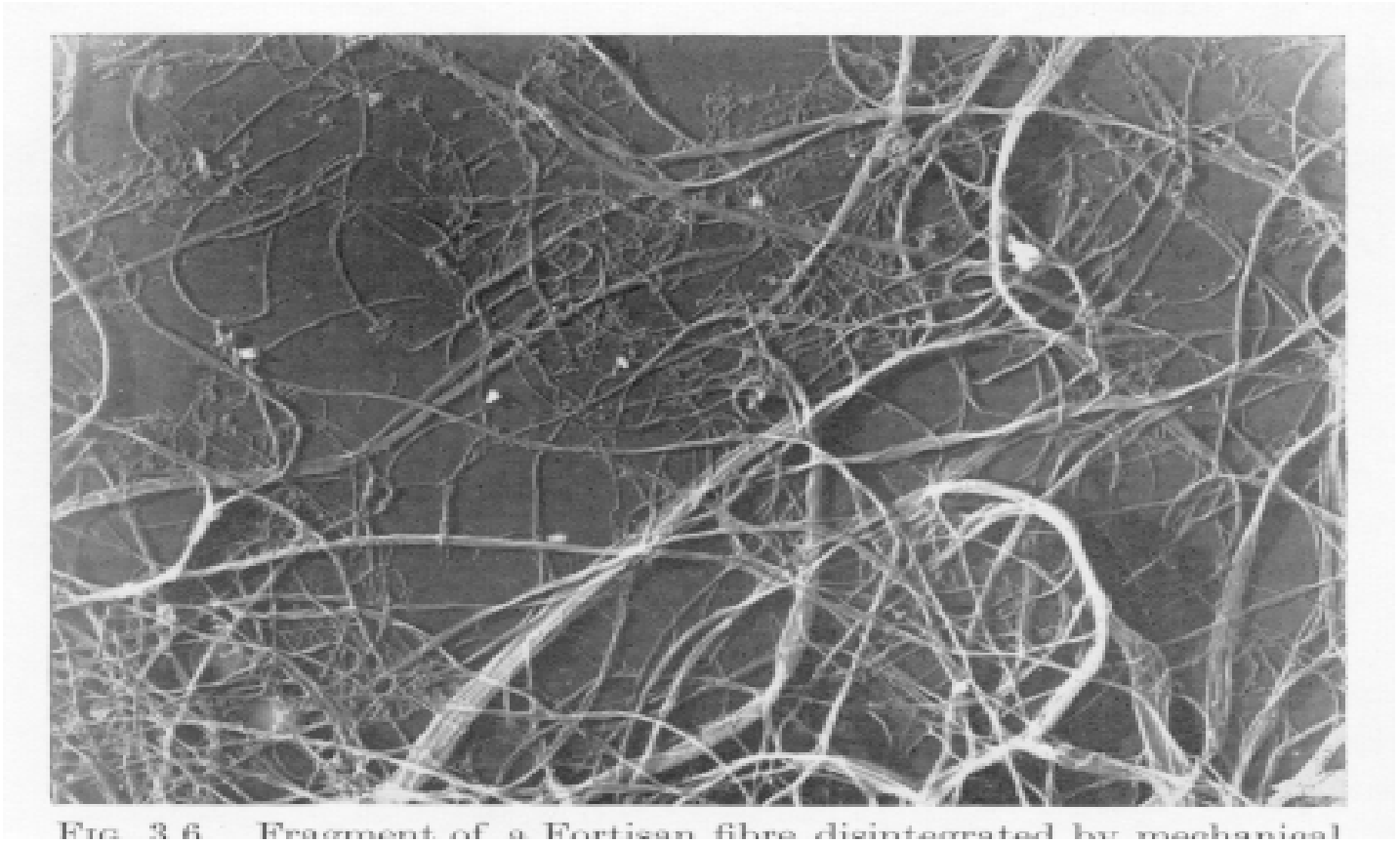
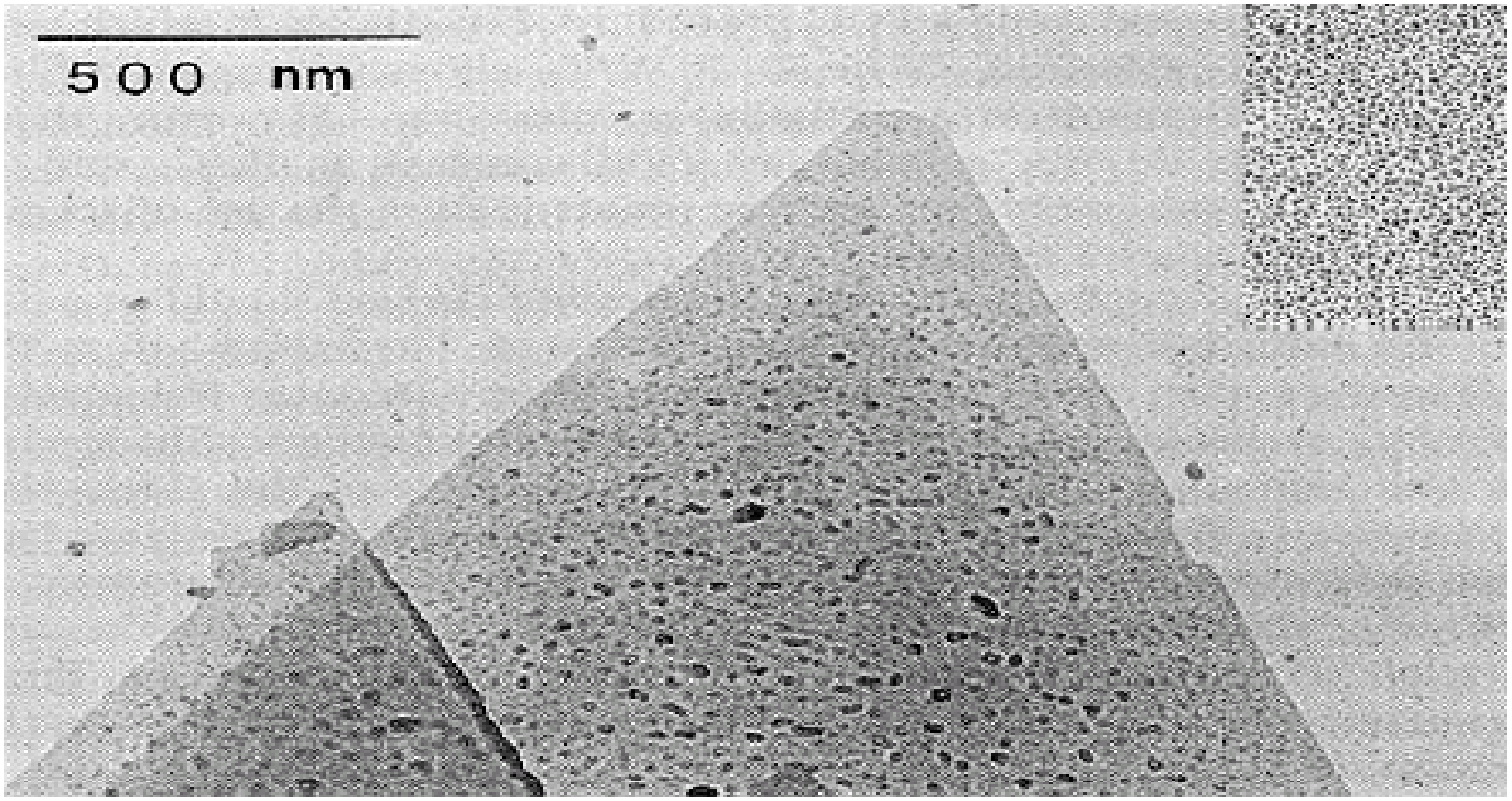


FIG. 3.6. Fragment of a Fortisan fibre disintegrated by mechanical

تصاویر میکروسکوپی TEM از بلورهای پلی اتیلن، سایه دارشده توسط Pt/Carbon



مقایسه میکروسکوپ نوری و میکروسکوپ های الکترونی

FEATURE	LIGHT MICROSCOPE	TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPE	SCANNING ELECTRON MICROSCOPE
General use	Surface morphology and sections (1–40 μm)	Sections (40–150 nm) or small particles on thin membranes	Surface morphology
Source of illumination	Visible light	High-speed electrons	High-speed electrons
Best resolution	ca. 200 nm	ca. 0.2 nm	ca. 3–6 nm
Magnification range	10–1,000×	500–500,000×	20–150,000×
Depth of field	0.002–0.05 nm (N.A. 1.5)	0.004–0.006 mm (N.A. 10^{-3})	0.003–1 mm
Lens type	Glass	Electromagnetic	Electromagnetic
Image ray-formation spot	On eye by lenses	On phosphorescent plate by lenses	On cathode tube by scanning device

محدودیت های TEM

- تهیه نمونه
- بیان و تفسیر نتایج
- صدمه ای که به نمونه وارد می شود
- گران بودن