

بسمه تعالی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی معدن

زمین شناسی برای مهندسین

ترم اول ۱۳۹۷

(۵)

سعید کریمی نسب

Geology for Engineers Course-1397
Kariminasab

- **منابع اصلی:**

1. معماریان، حسین، "زمین شناسی برای مهندسین"، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهاردهم، ۷۶۸ صفحه. ۱۳۹۵.
2. Blyth, F.G.H., and de Freitas, M.H., 2005, “A geology for engineers”, Edward Arnold, London, 325p.
3. Carlson, D. H., Plummer, Ch. C., Hammersley, L., 2011, “Physical geology”, Mc Graw Hill, 645p.
4. Marshak, S., 2018, “Earth, portrait of planet”, 6th edition, northern company, 832p.
5. Parriaux, A., 2009, “Geology, basic for engineers”, CRC Press, 571p.

- **منابع تکمیلی:**

۱-مدنی، حسن، "زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک"، جهاد دانشگاهی (دانشگاه علامه طباطبایی) ۱۳۹۳

۲-فوکو، آ. و رائو، ژ.ف.، مقاطع و نقشه های زمین شناسی، (ترجمه پور کرمانی، محسن)، شرکت چاپ گوته، ۱۳۹۴.

۳-مالتن، آ. نقشه های زمین شناسی، (ترجمه حسن مدنی)، انتشارات دانشگاه امیرکبیر، ۱۳۷۸.

۳-سیمپسون، ب. نقشه های زمین شناسی، (ترجمه فرید مر، جمی مرتضی) ، ۱۳۷۱.

۴-بجلی، پیتر چ، روش های ساختاری در اکتشاف ذخایر معدنی، (ترجمه حسن مدنی)، مرکز انتشارات صنعت و فولاد، ۱۳۷۰.

۵- بارنز، جان دبلیو، تهیه نقشه های زمین شناسی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، (ترجمه رضا موسوی جرمی-اسدالله محبوبی ۱۳۸۰

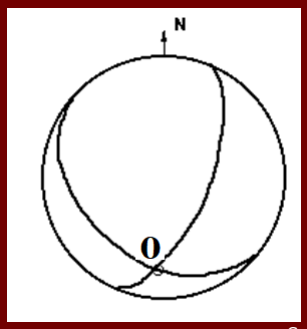
۶- ج. ا. پلات، ج. چالینور، ساختارهای ساده زمین شناسی، (ترجمه فرید مر، جمی مرتضی)، انتشارات دانشگاه شیراز، ۱۳۷۳.

دو صفحه با مشخصات زیر یکدیگر را قطع کرده اند. مشخصات فصل مشترک آنها را بصورت ترسیمی مشخص نمائید.

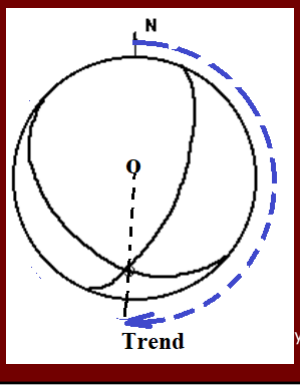
131/38 SW

023/63 SE

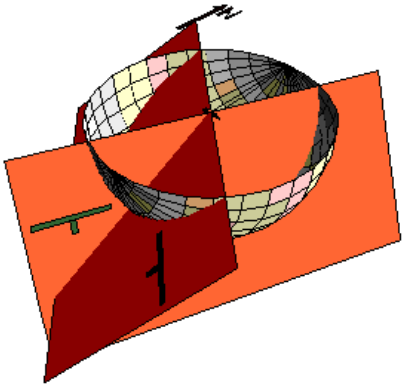
- فصل مشترک دوصفحه متقاطع در فضا یک خط می شود. که در استرونت این فصل مشترک بصورت یک نقطه با حرف O نشان داده شده است.



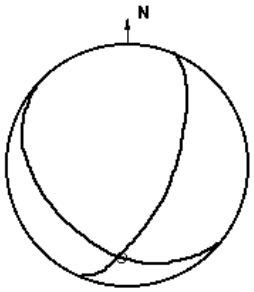
- مشخصات هندسی خط فصل مشترک بصورت Trend (راستا) و Plunge (فرو افتادگی) نشان می دهند.
- خطی از مرکز دایره استرئونت به نقطه o و آن را امتداد می دهیم تا محیط دایره را قطع کند.
- زاویه محل برخورد این خط با محیط دایره را از شمال بصورت ساعت گرد اندازه می گیریم این زاویه را Trend خط می گویند.
- برای تعیین مقدار پلانج، مقدار زاویه بین نقطه o و محیط دایره را اندازه می گیریم.



Projection of planes 023/63 SE, 131/38 SW, and their intersection



Projection of planes 023/63 SE, 131/38 SW, and their intersection

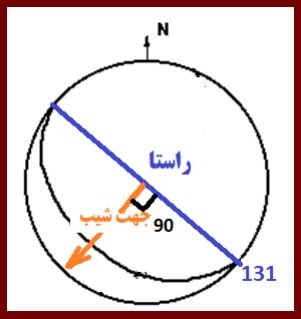


اگر بخواهیم صفحه زیر را بصورت جهت شیب /شیب
یا Dip/Dip Direction در آوریم بصورت زیر عمل می کنیم:

131/38 SW

این صفحه راستای آن ۱۳۱ درجه از شمال و شیب آن ۳۸ درجه به سمت جنوب غرب است.

راستای صفحه را ترسیم می کنیم، سپس با توجه به اینکه شیب به سمت SW است. خط بزرگترین شیب صفحه فوق را ترسیم می کنیم.



جهت شیب 131+90=221
شیب 38

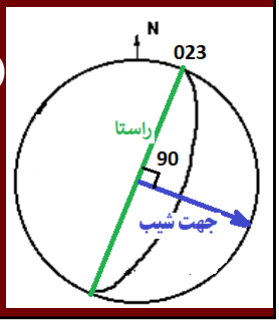
131/38 SW =
38/221 (جهت شیب/شیب) =(Dip/Dipdirection)

برای صفحه023/63 SE داریم:

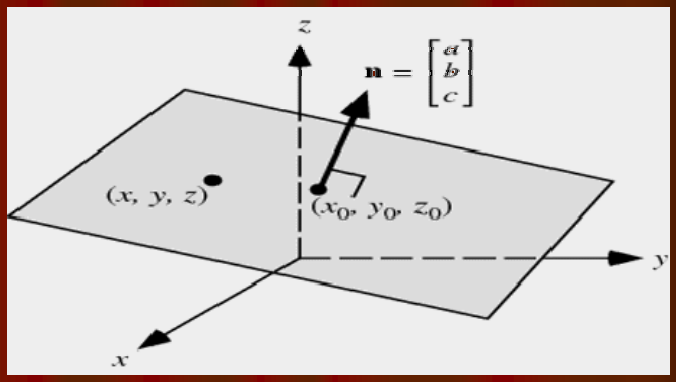
راستای صفحه را ترسیم می کنیم، سپس با توجه به اینکه شیب به سمت SE است.
خط بزرگترین شیب صفحه فوق را ترسیم می کنیم.

جهت شیب 023+90=113
شیب 63

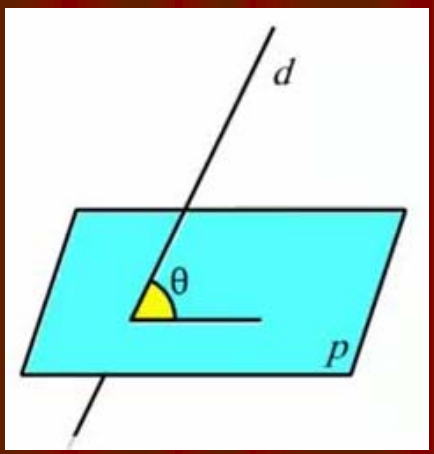
023/63 SE =
63/113 (جهت شیب/شیب) =(Dip/Dipdirection)



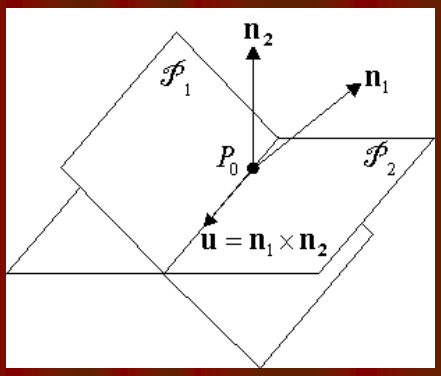
نمایش یک صفحه در هندسه

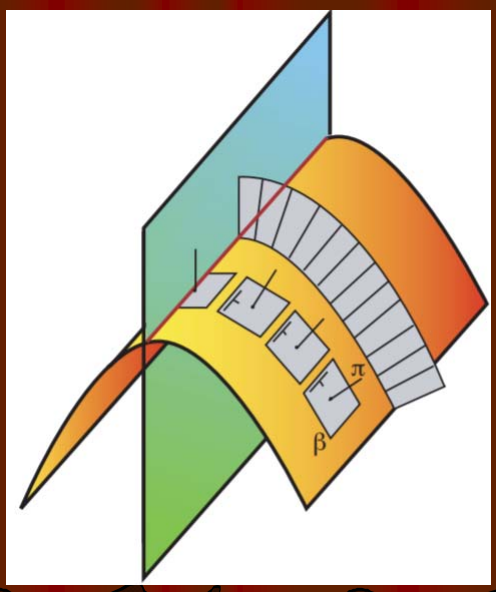


زاویه یک خط با یک صفحه مستوی

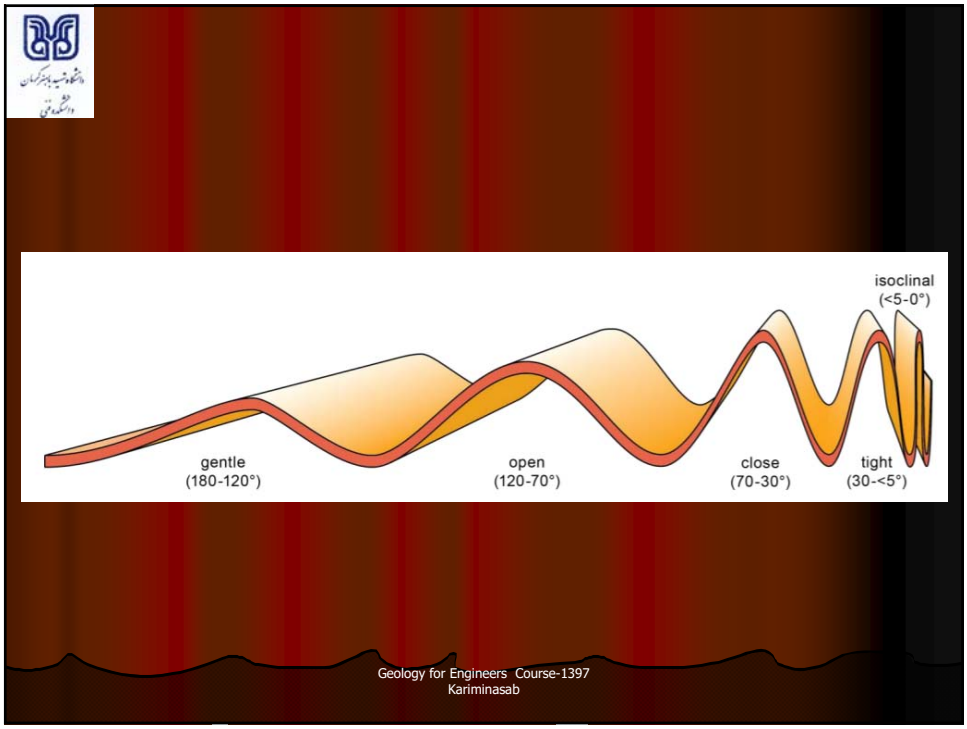


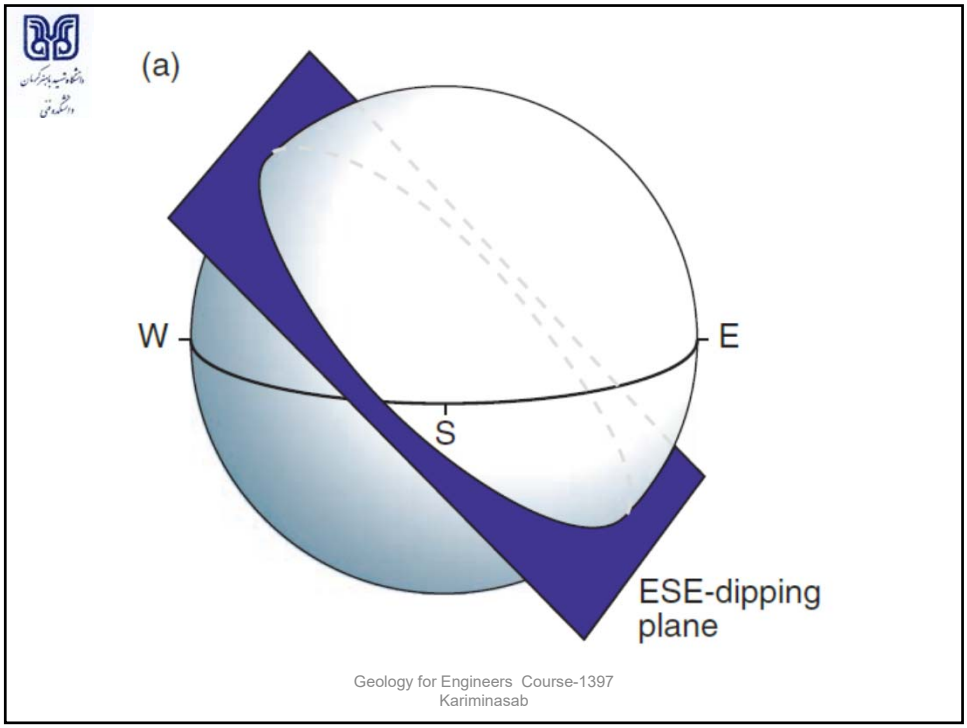
زاویه تلاقی دوصفحه

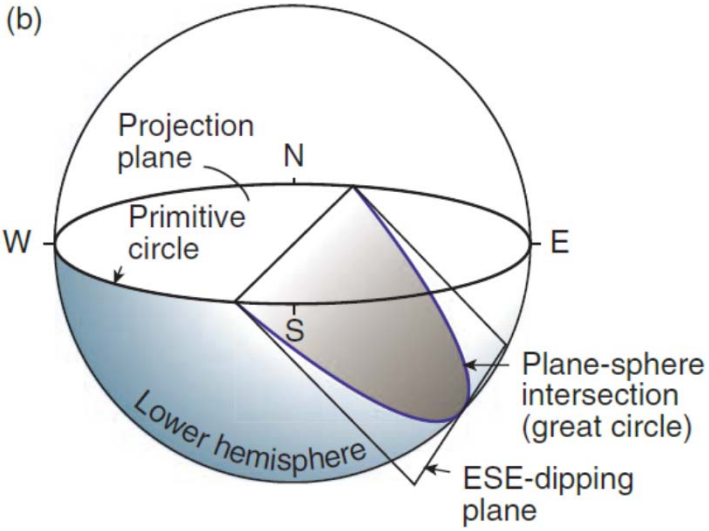


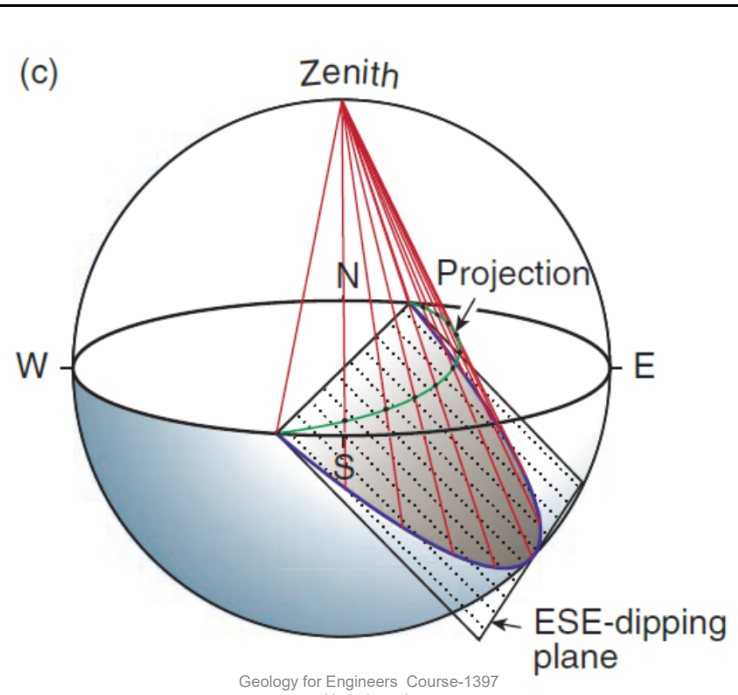


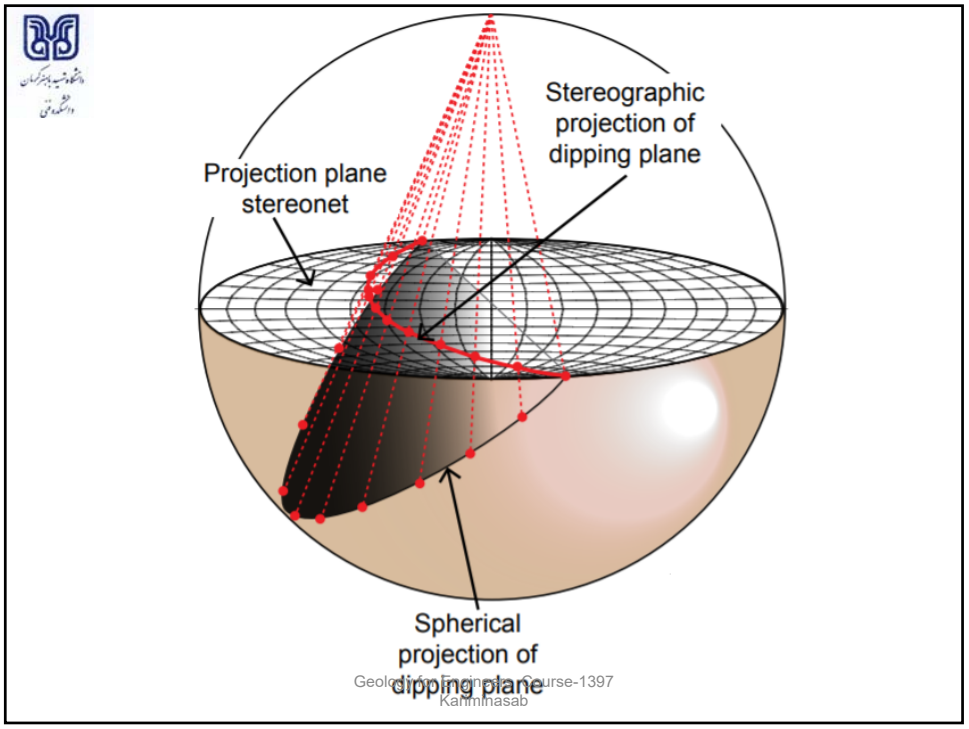
Geology for Engineers Course-1397
Kariminasab

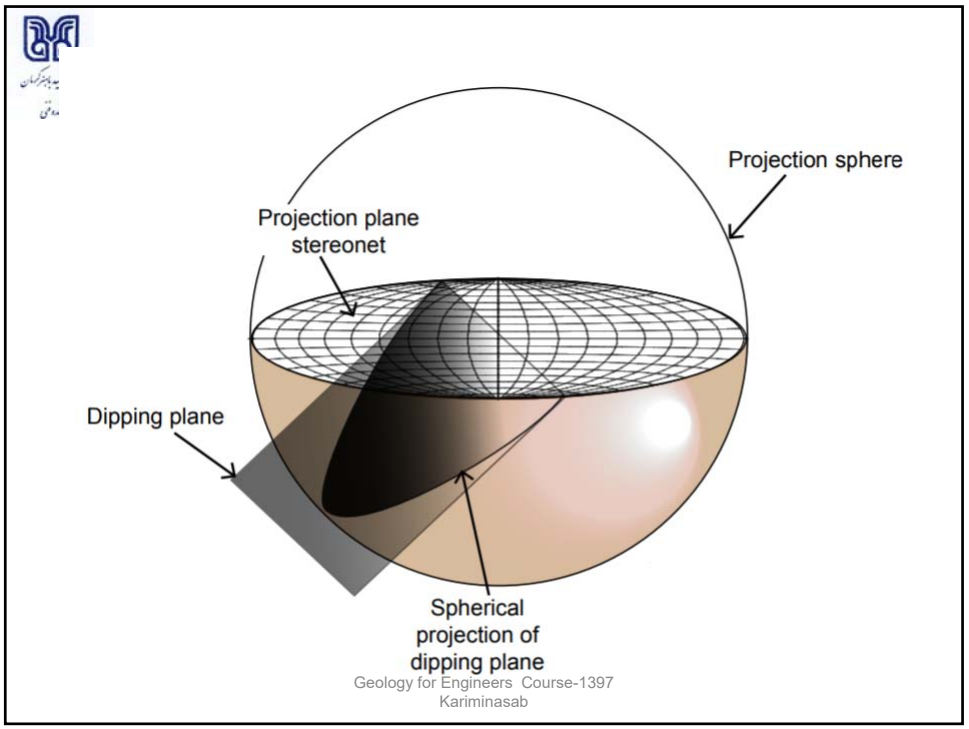

isoclinal
(<5-0°)
gentle
(180-120°)
open
(120-70°)
close
(70-30°)
tight
(30-<5°)

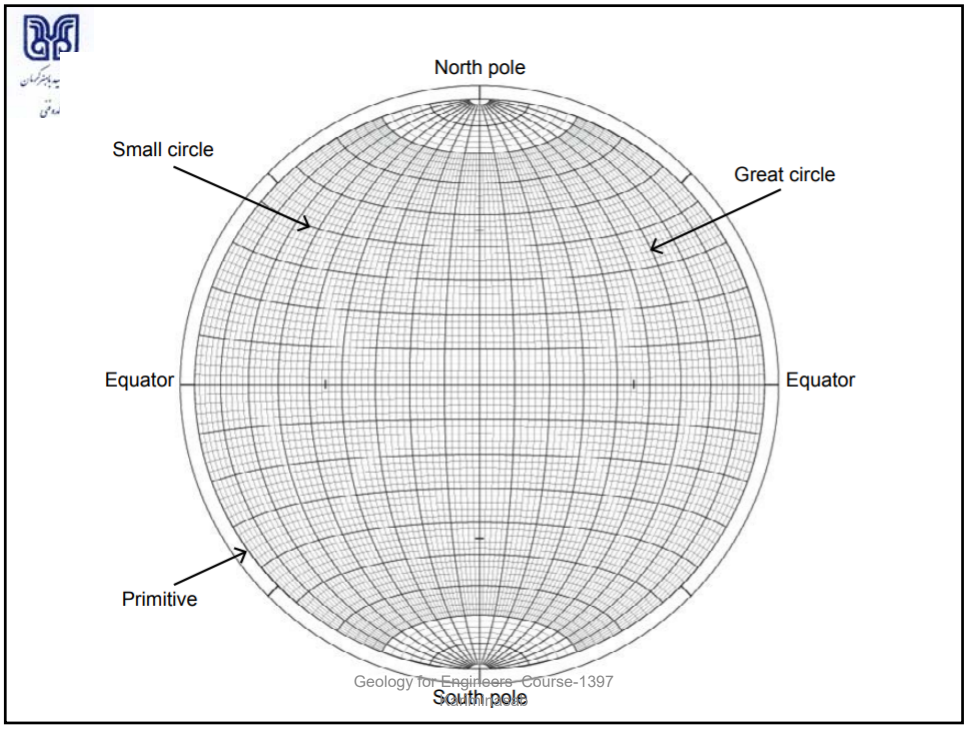

(a)
W
E
S
ESE-dipping
plane

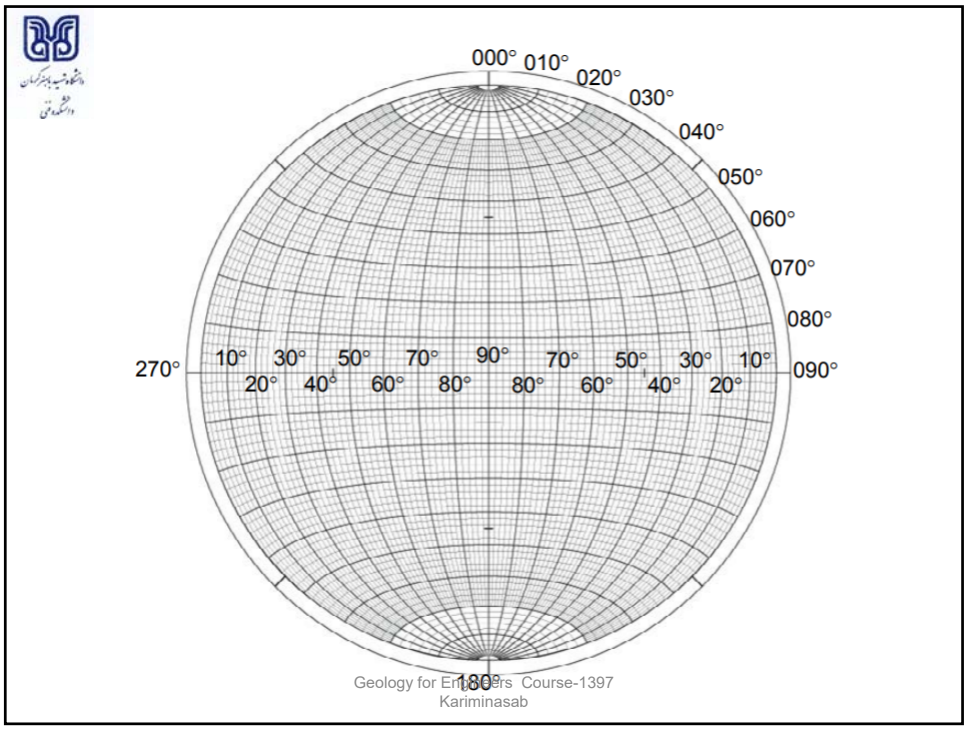

(b)
Projection plane
N
Primitive circle
W
E
S
Plane-sphere intersection (great circle)
Lower hemisphere
ESE-dipping plane

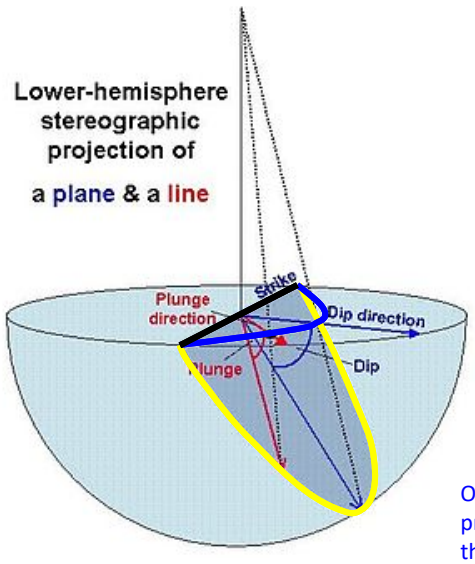

(c)
Zenith
N
Projection
W
E
S
ESE-dipping plane

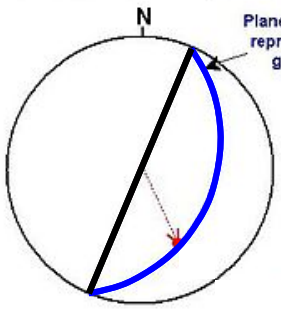

Stereographic
projection of
dipping plane
Projection plane
stereonet
Spherical
projection of
dipping plane


Projection sphere
Projection plane
stereonet
Dipping plane
Spherical
projection of
dipping plane


North pole
Small circle
Great circle
Equator
Equator
Primitive
South pole

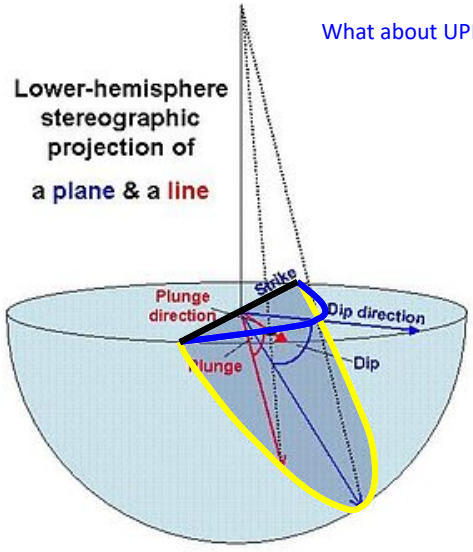

000°
010°
020°
030°
040°
050°
060°
070°
080°
090°
180°
270°
10°
20°
30°
40°
50°
60°
70°
80°
90°

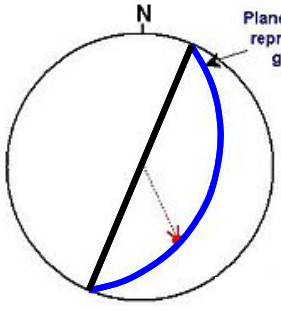




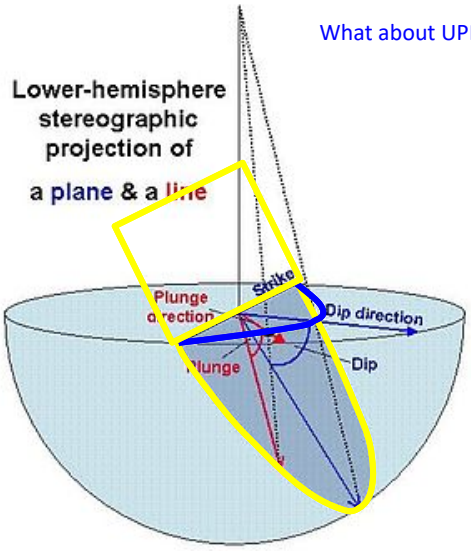
On LOWER hemisphere projections the arc bows in the dip direction

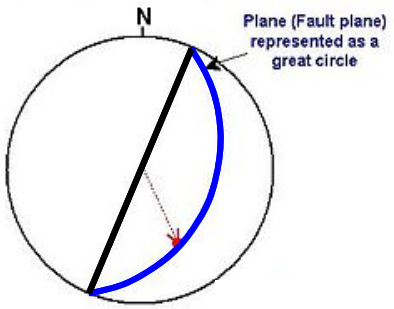
What about UPPER hemisphere?





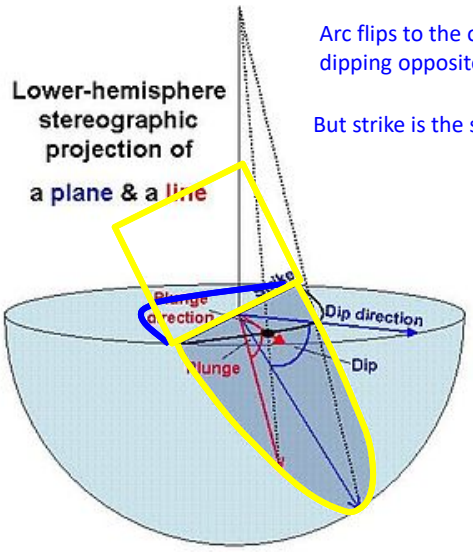
What about UPPER hemisphere?

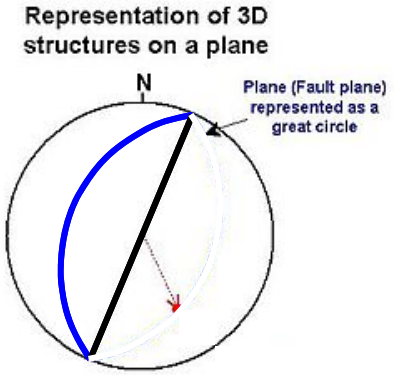


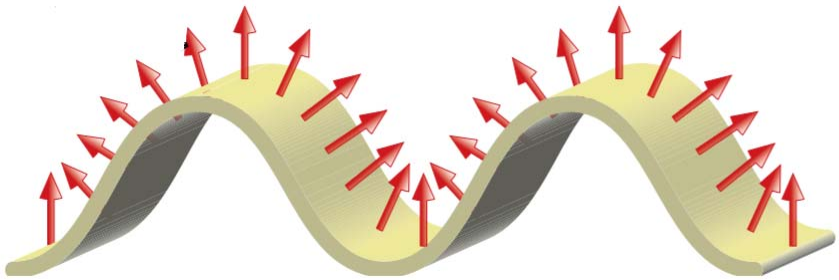


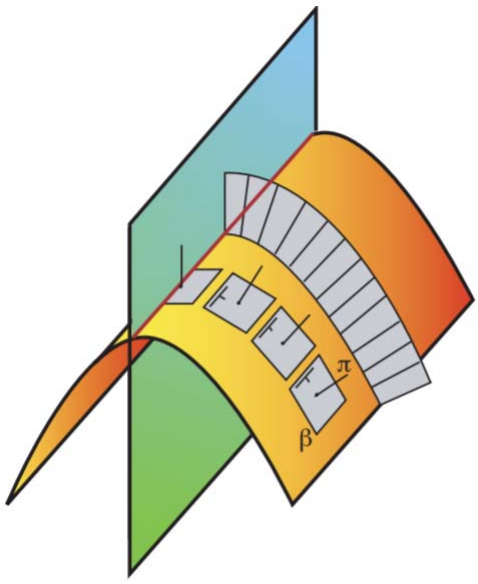
Arc flips to the other side – plane is dipping opposite the arc bow direction

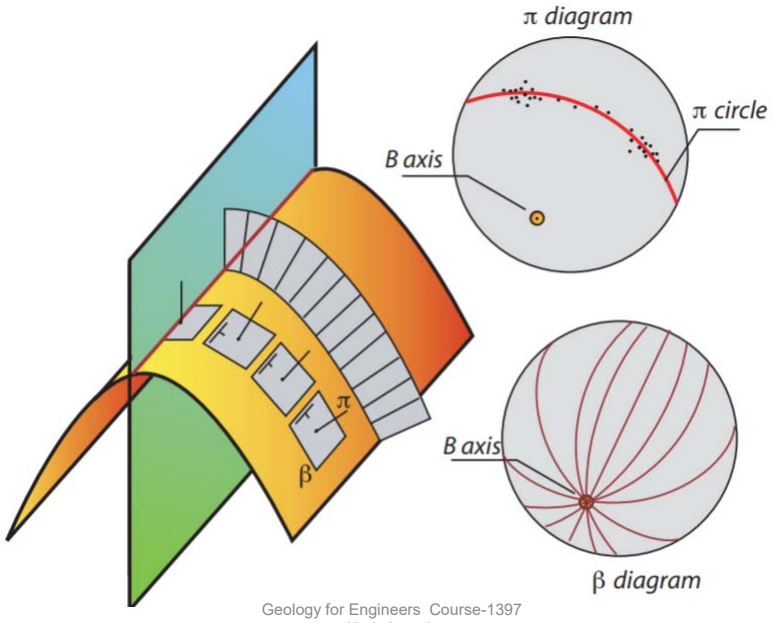
But strike is the same

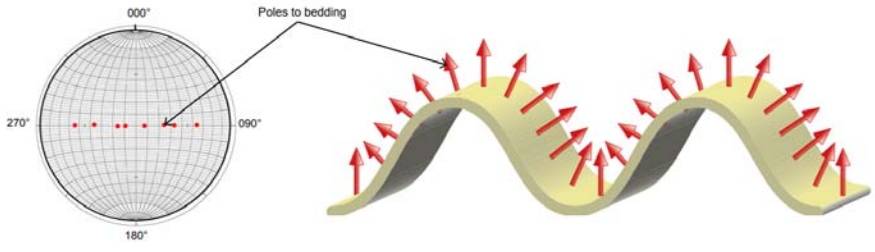


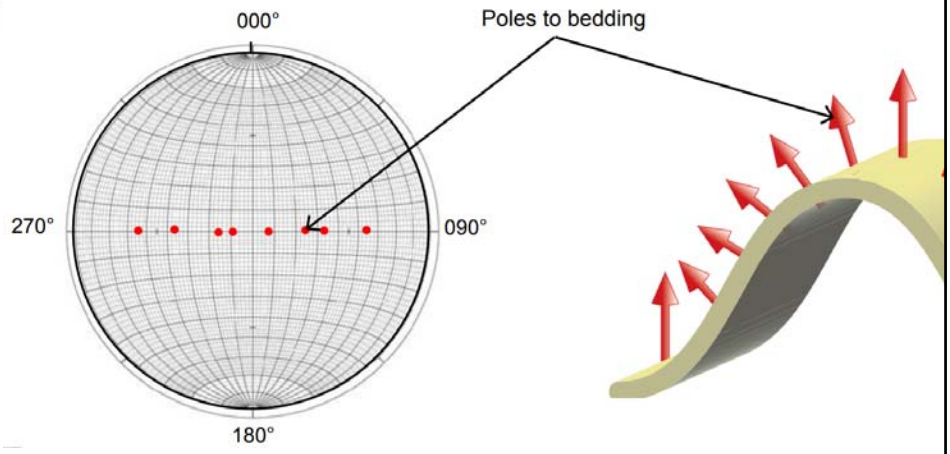


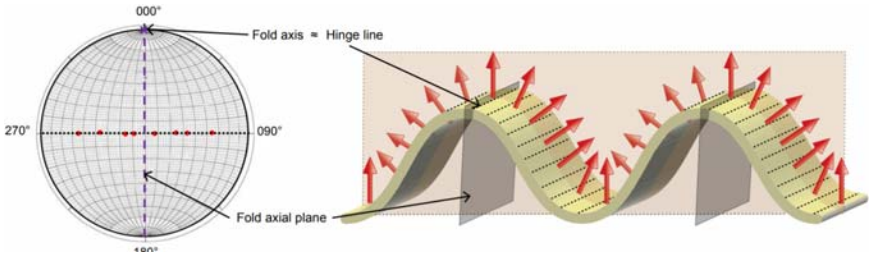


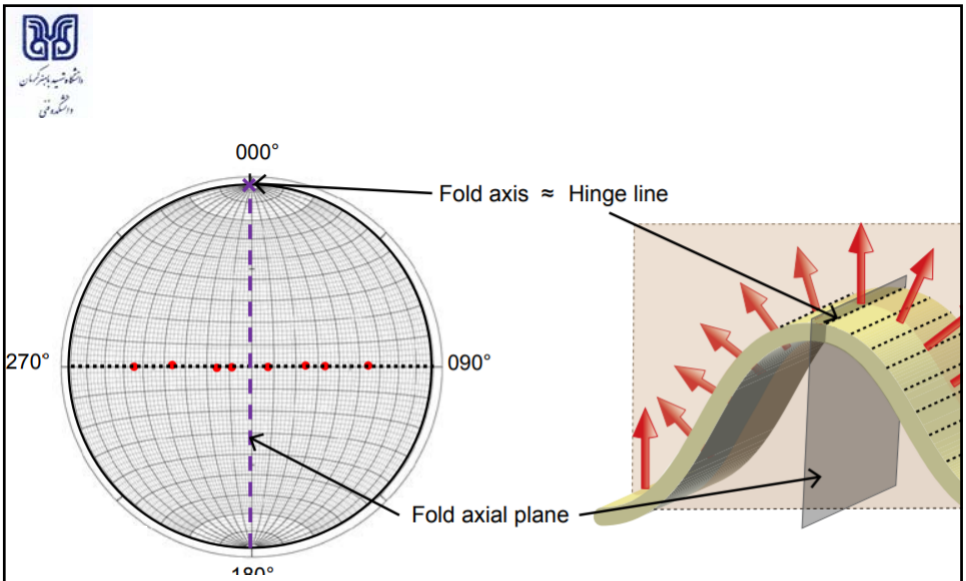

π
β

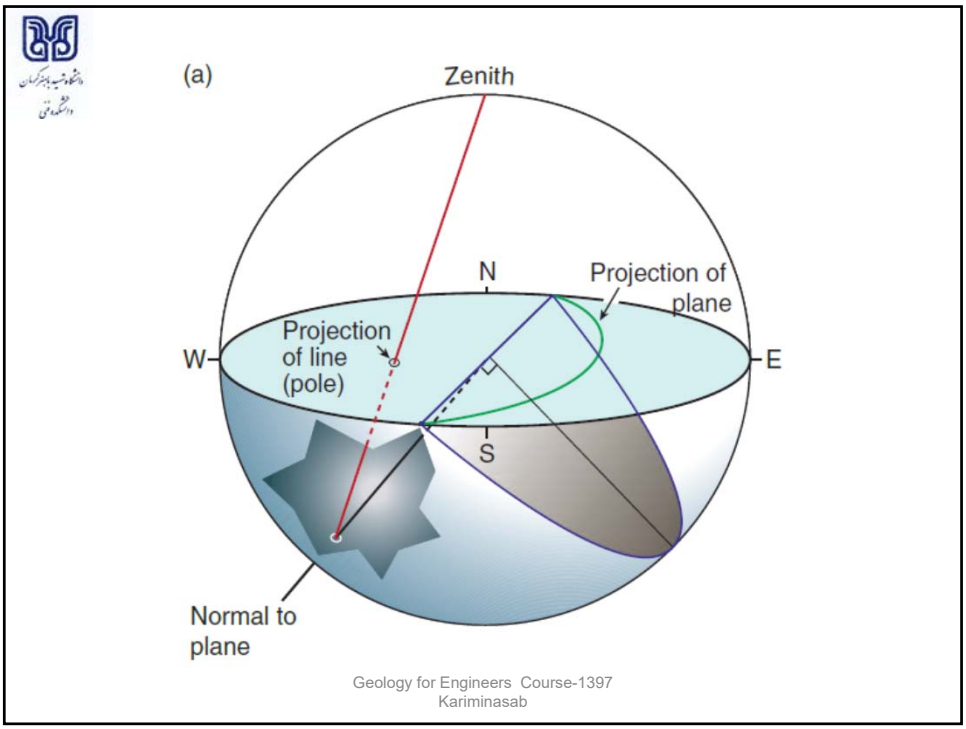

π diagram
π circle
B axis
π
β
B axis
β diagram


000°
Poles to bedding
270°
090°
180°


000°
Poles to bedding
270°
090°
180°

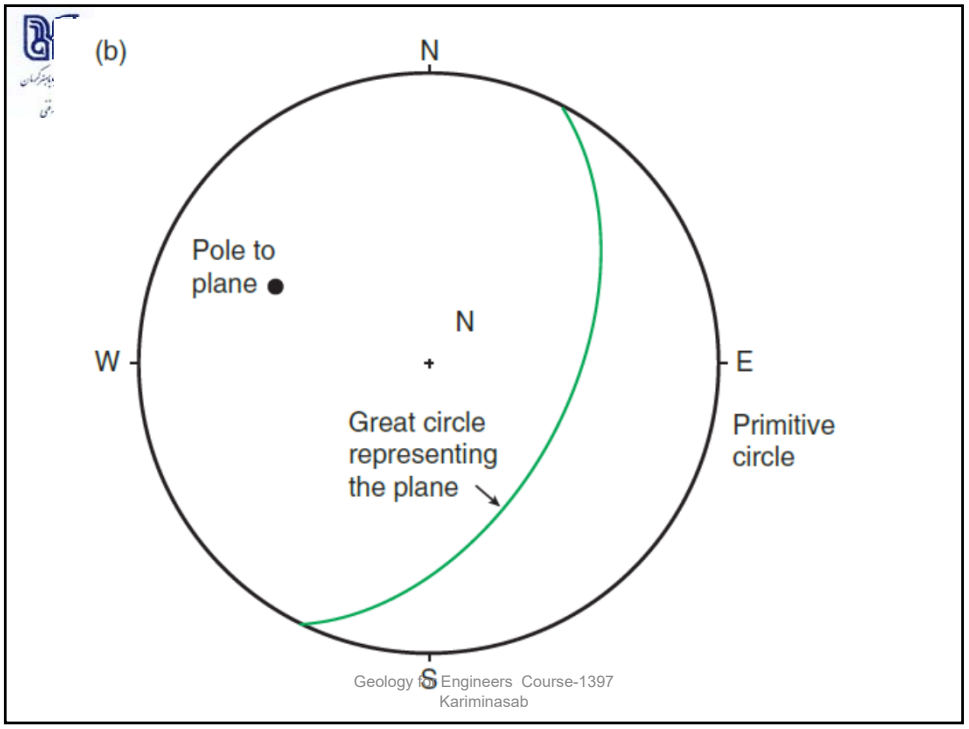

000°
Fold axis ≈ Hinge line
270°
090°
Fold axial plane

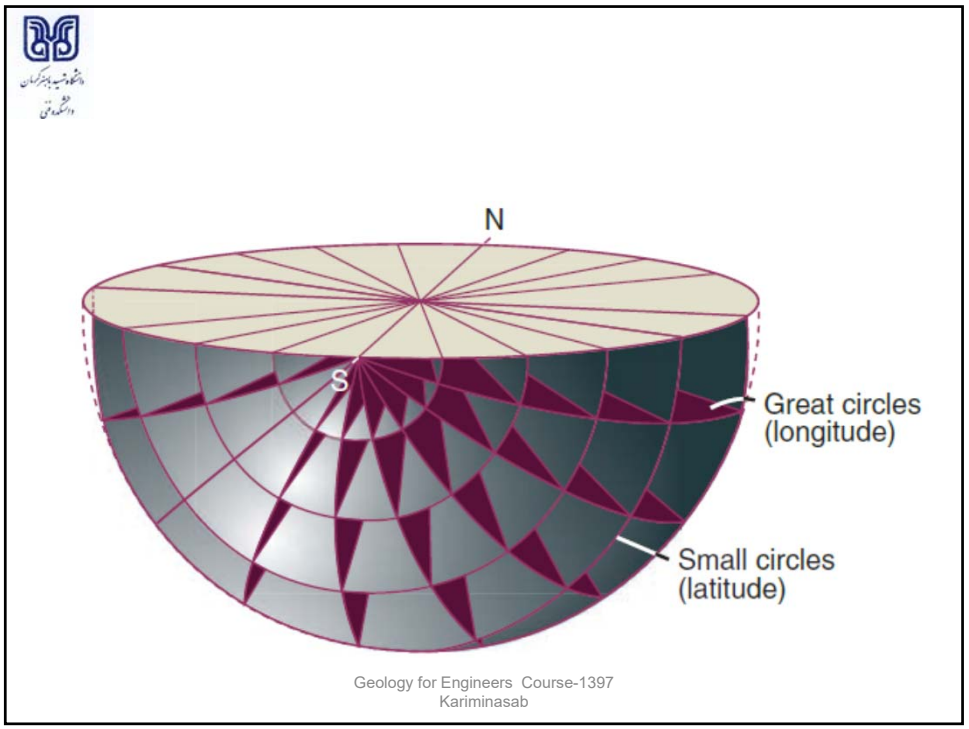

000°
Fold axis ≈ Hinge line
270°
090°
Fold axial plane

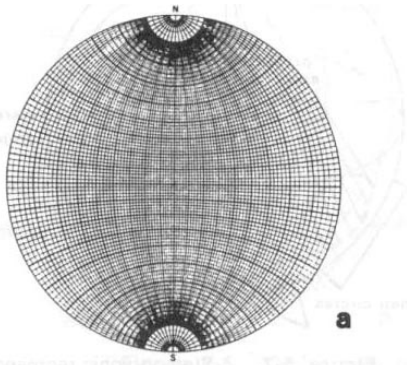

(a)
Zenith
N
Projection of plane
Projection of line (pole)
W
E
S
Normal to plane



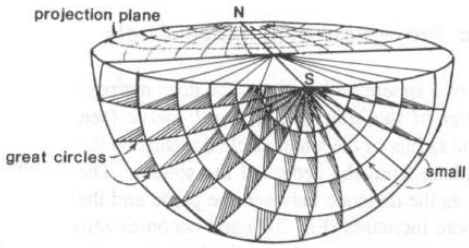



(b)
N
Pole to plane
N
W
E
Great circle representing the plane
Primitive circle
S


N
S
Great circles (longitude)
Small circles (latitude)

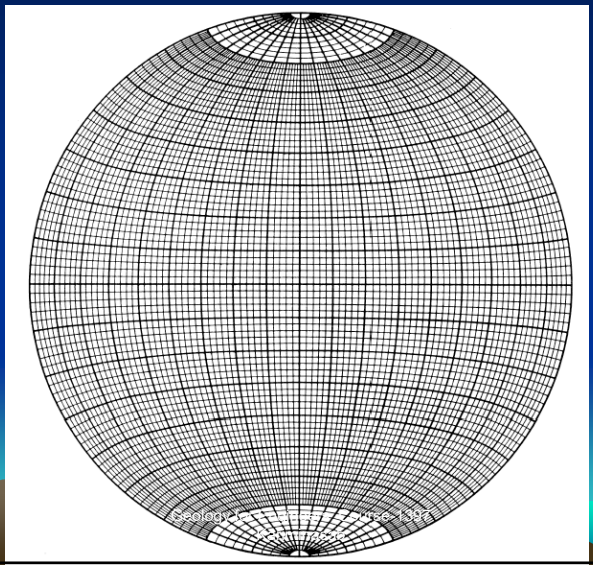


a



b

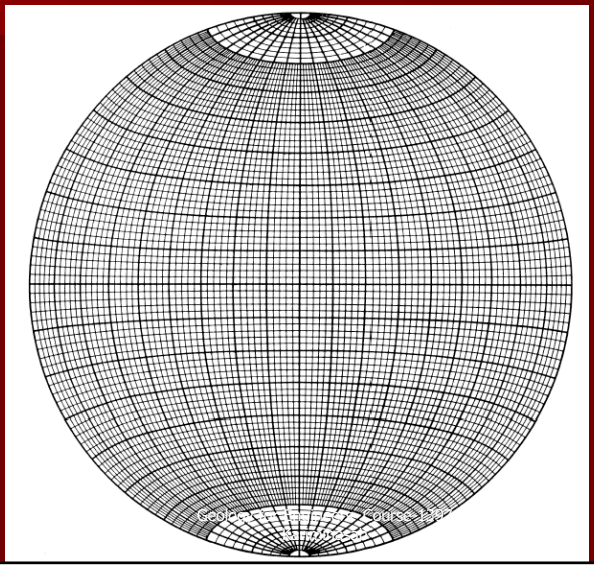
Equal area projection

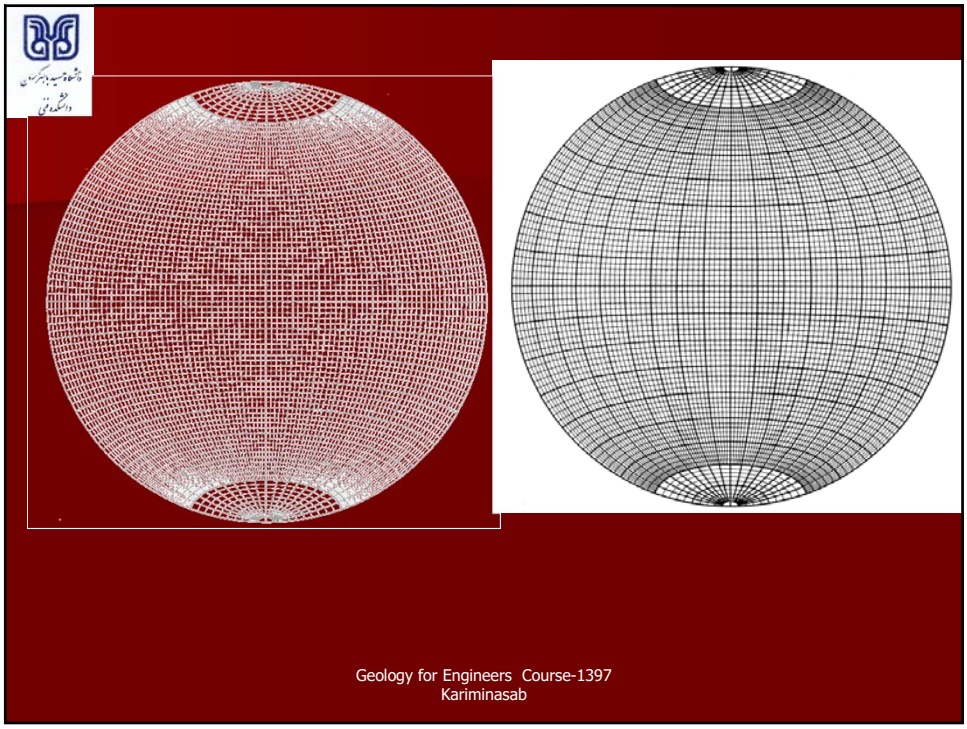


مراحل ترسیم ساختمانهای زمین شناسی بر روی استرئونت

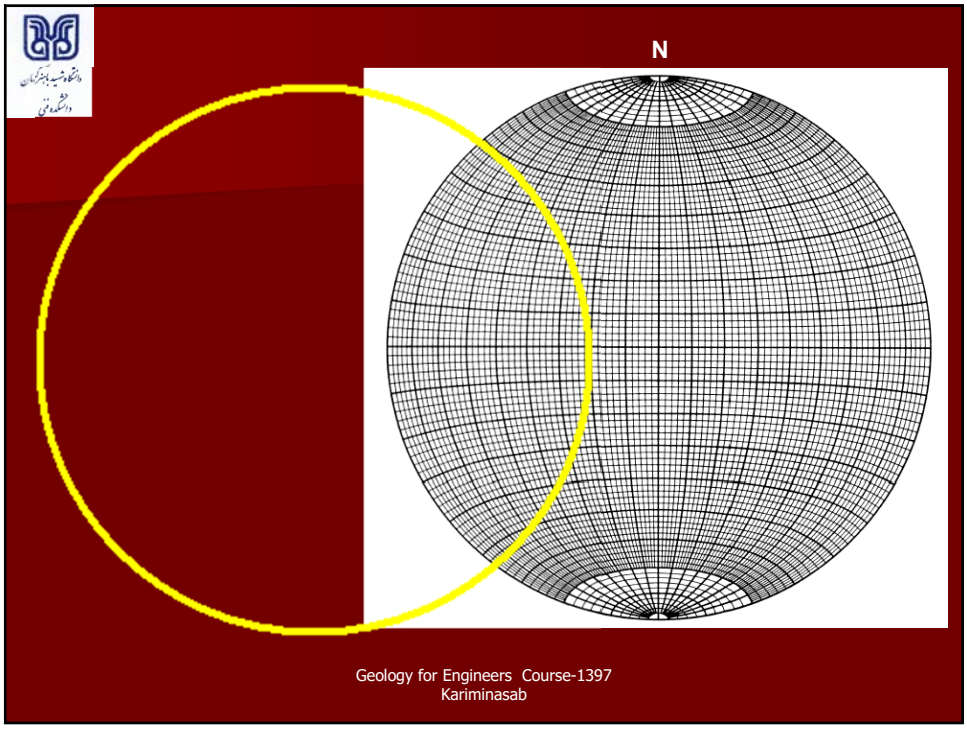
Geology for Engineers Course-1397
Kariminasab

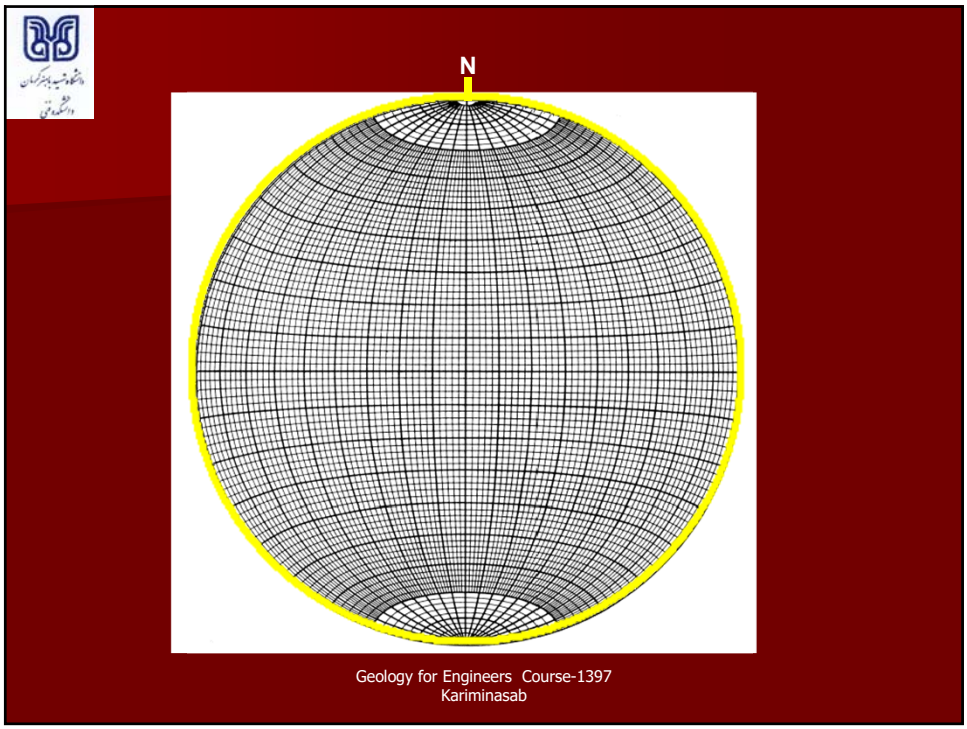
Equal area projection

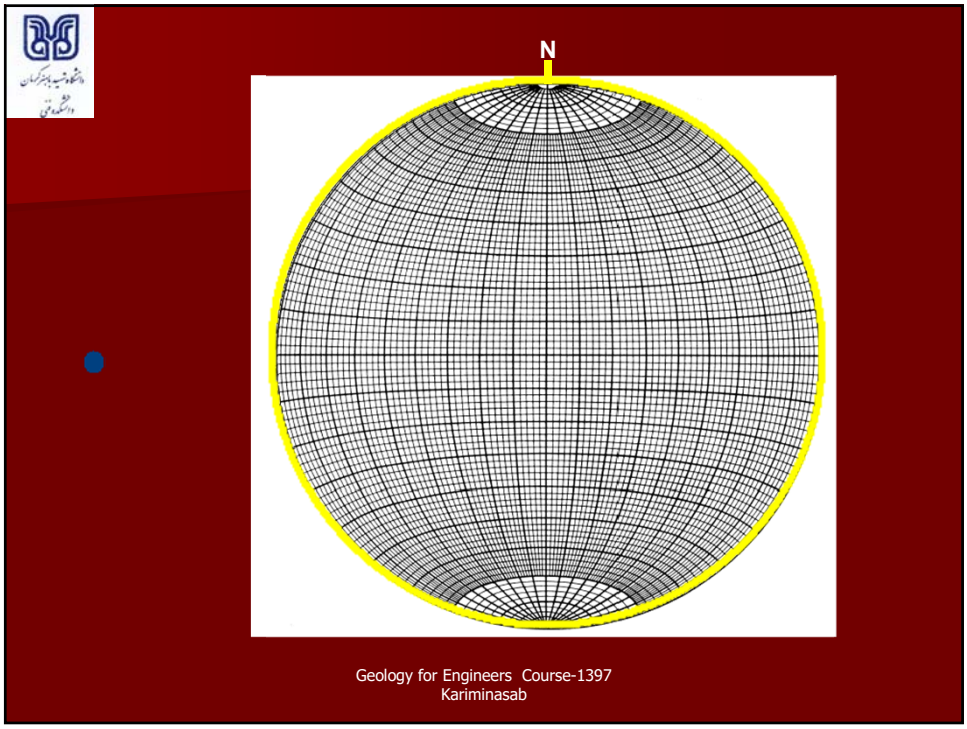


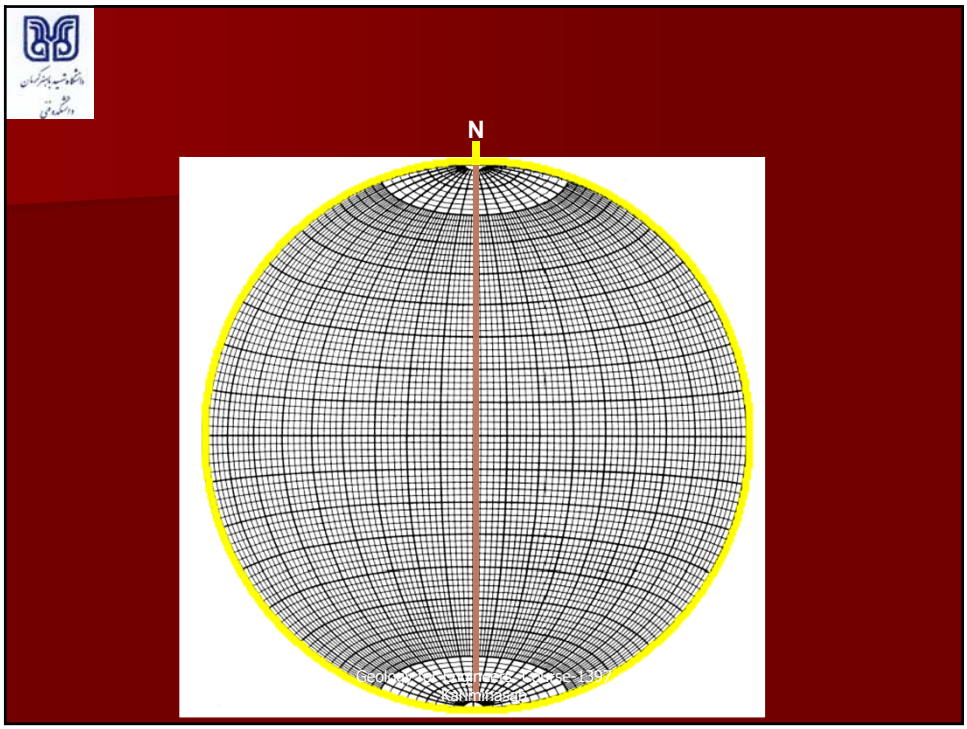


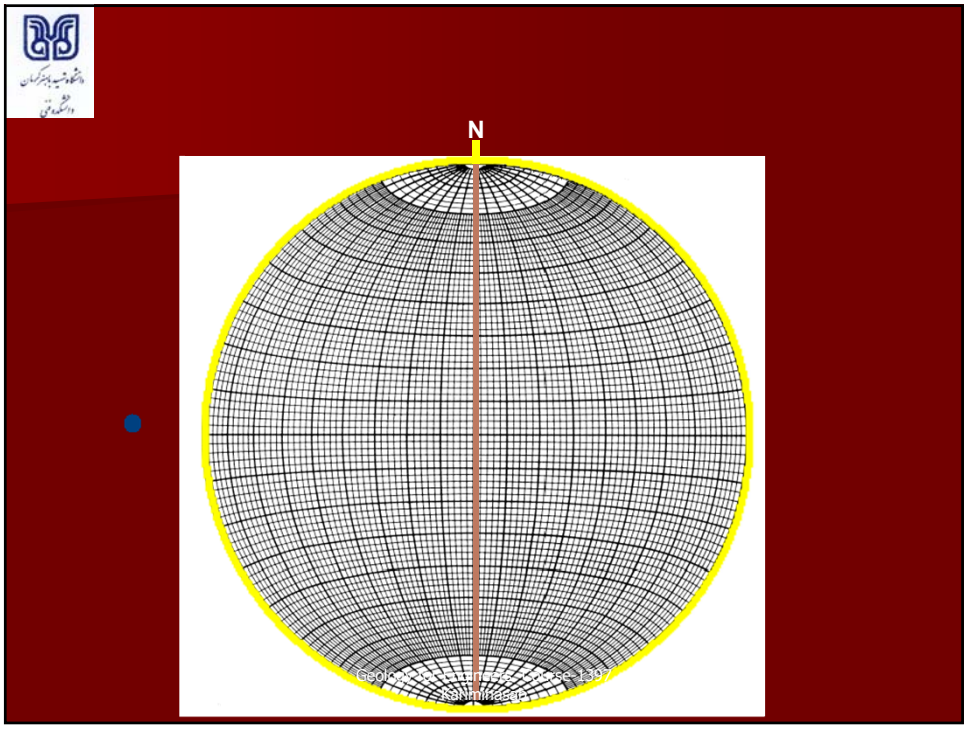


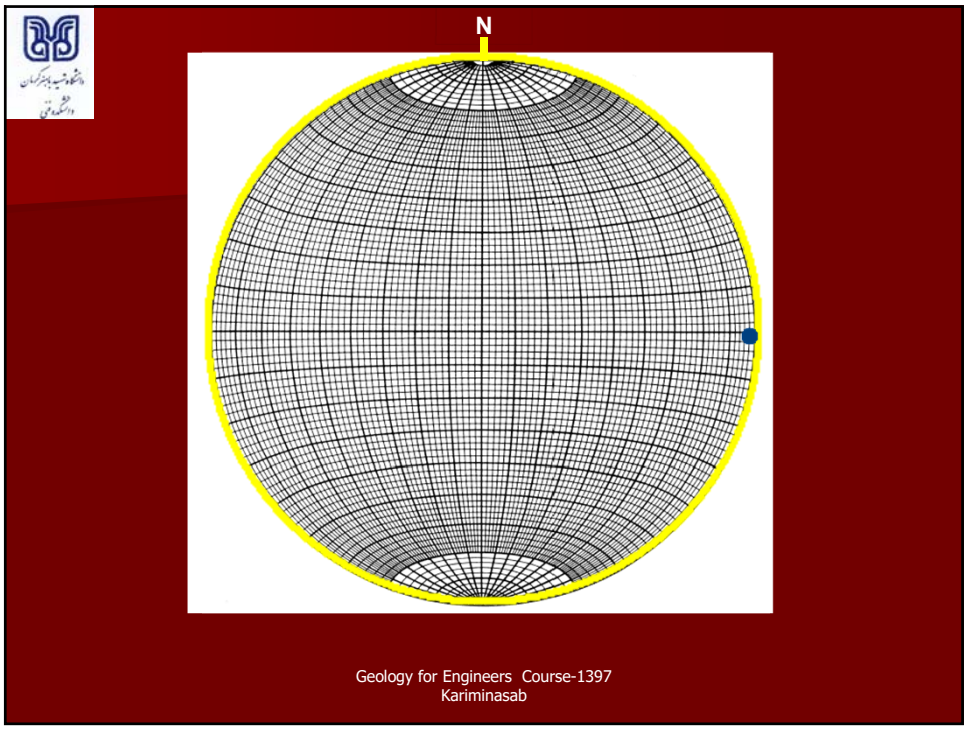

N

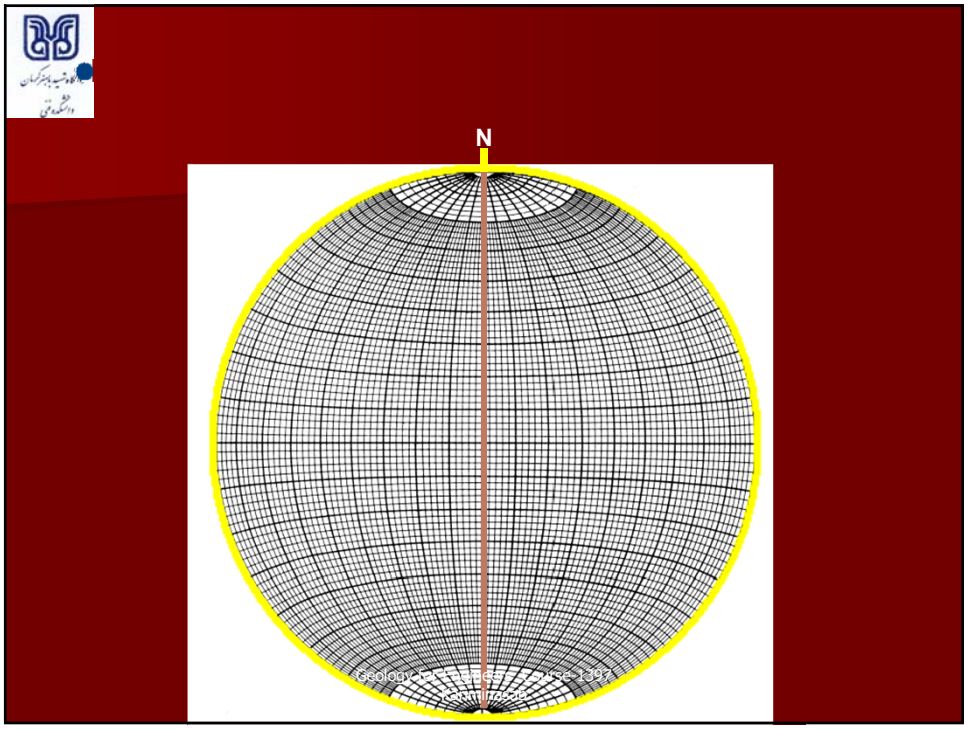

N

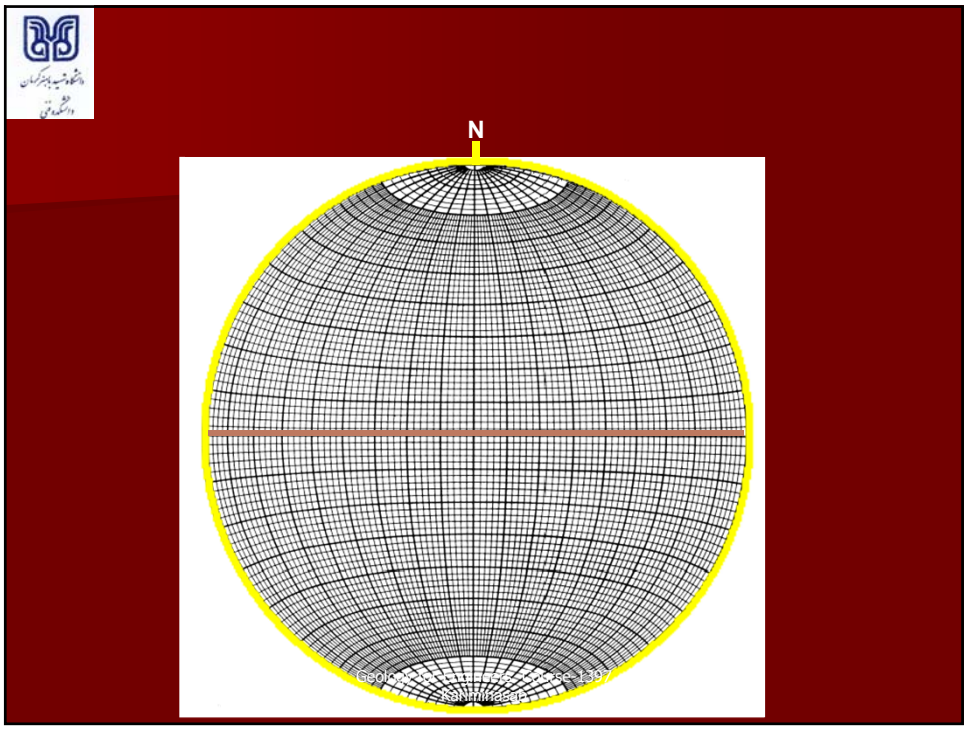

N
Geology for Engineers Course-1397
Kariminasab

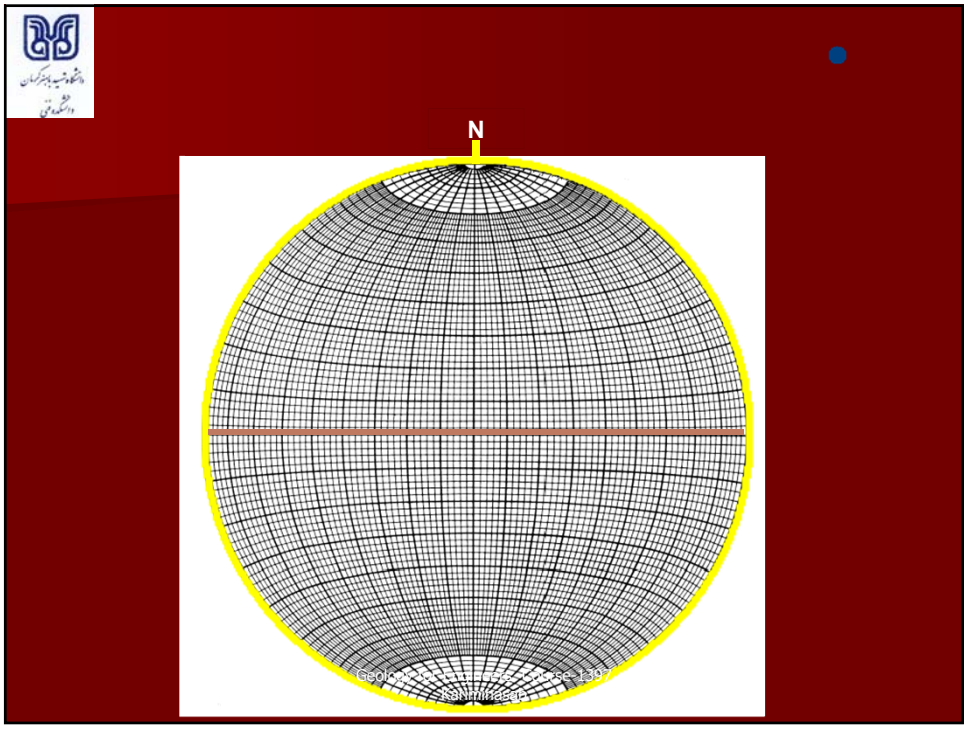

N

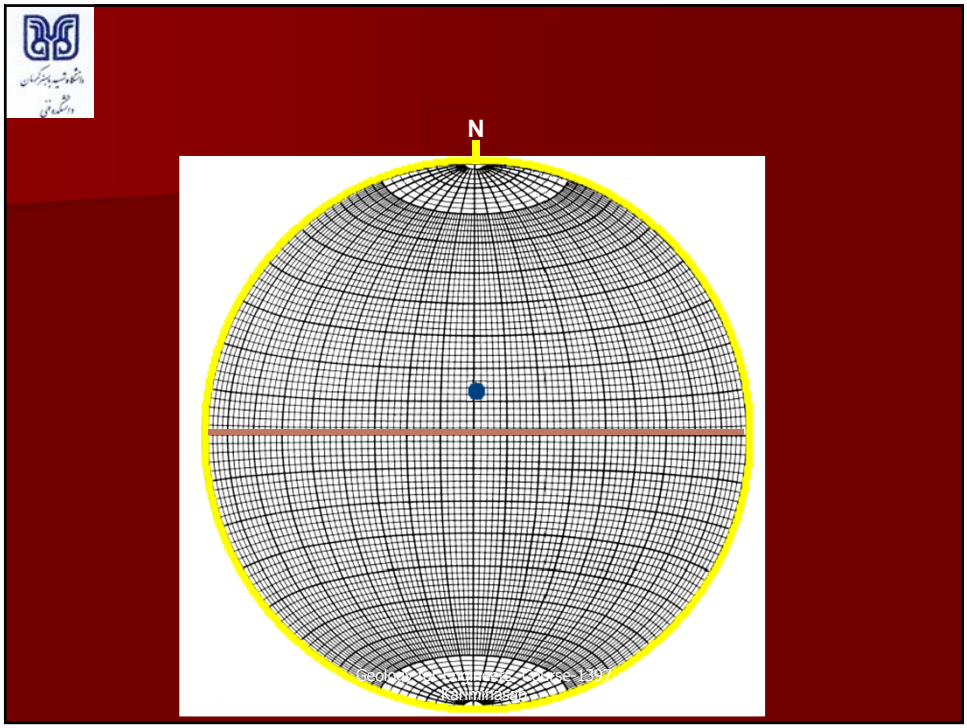

N

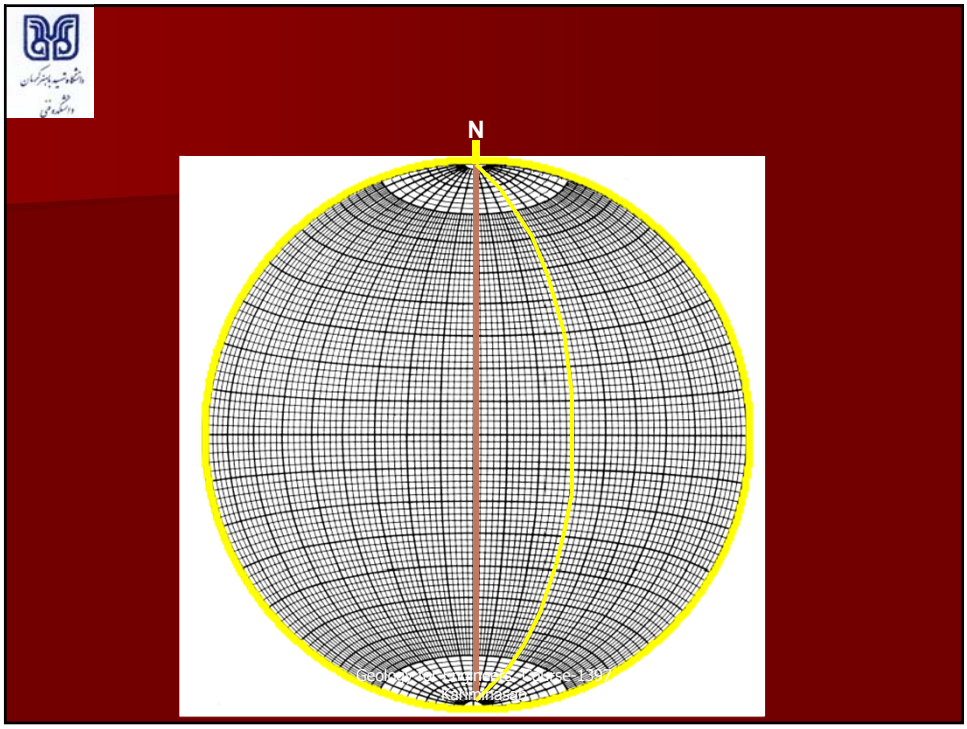

N
Geology for Engineers Course-1397
Kariminasab

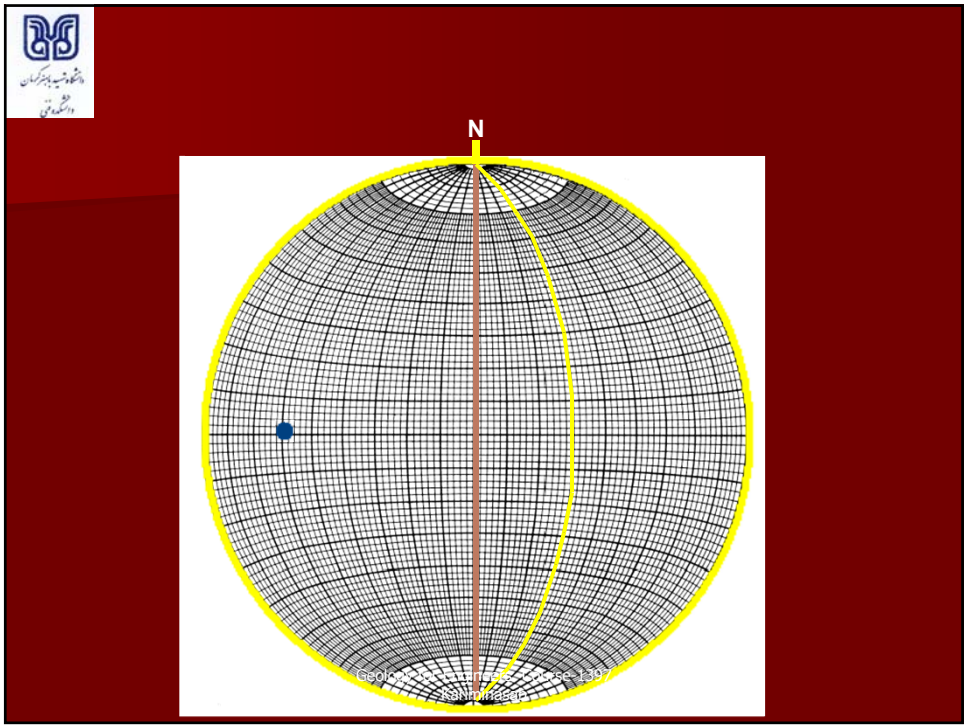

N

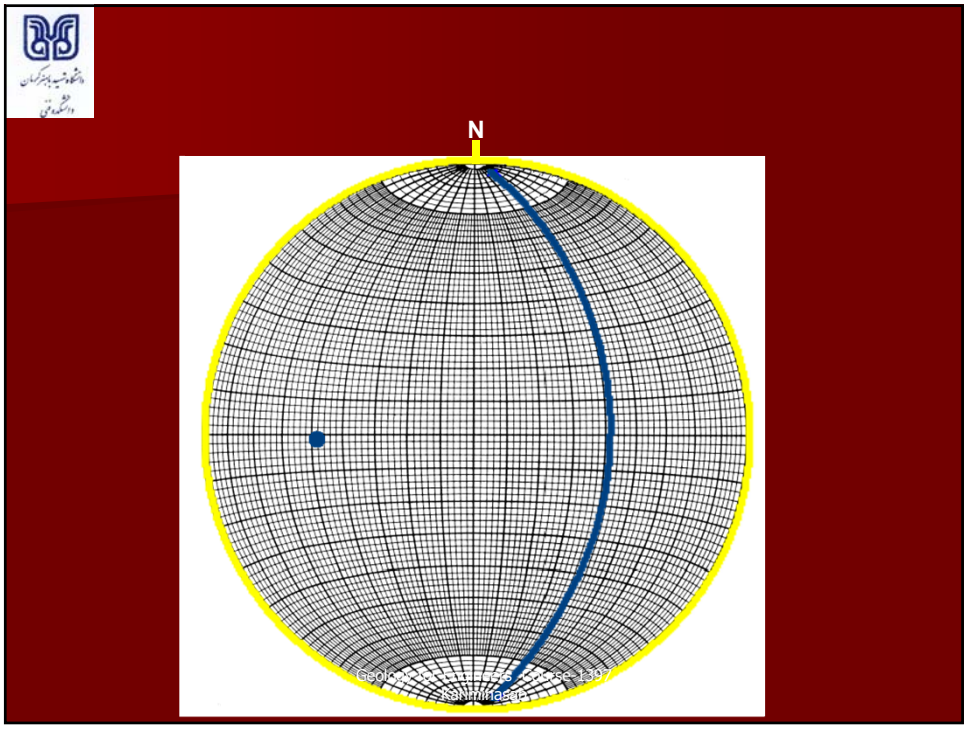

N

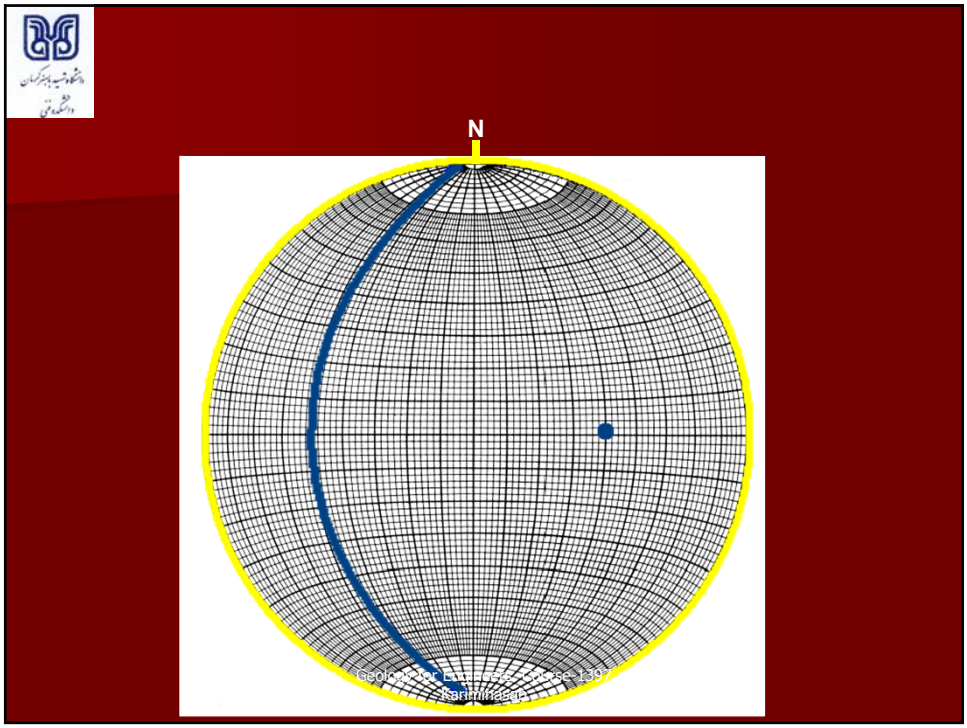

N


N

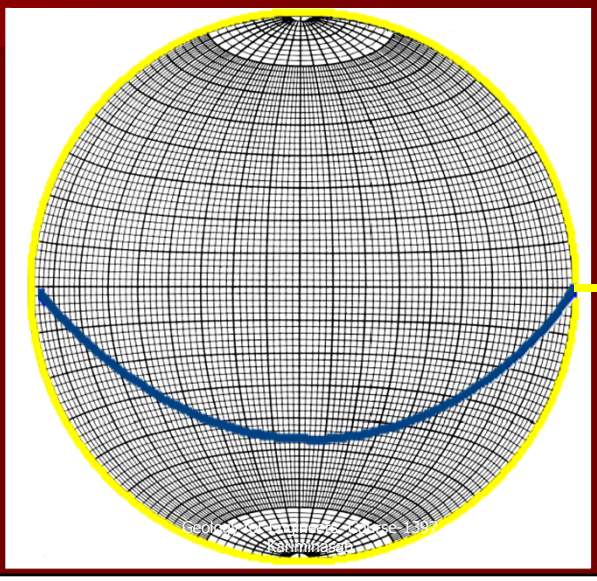

N


N

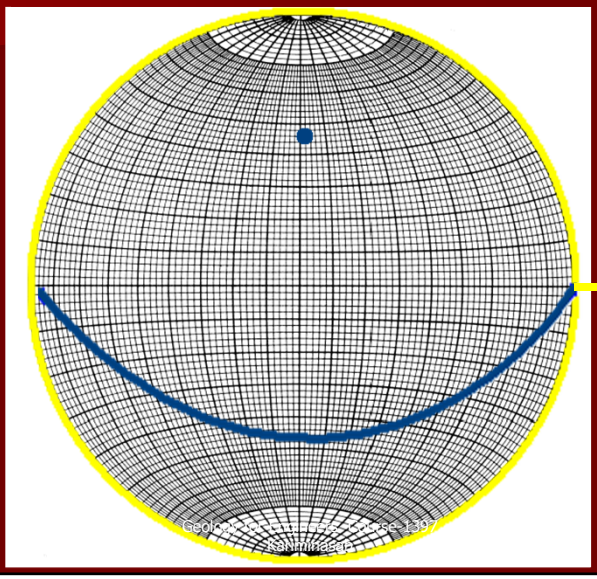

N


N

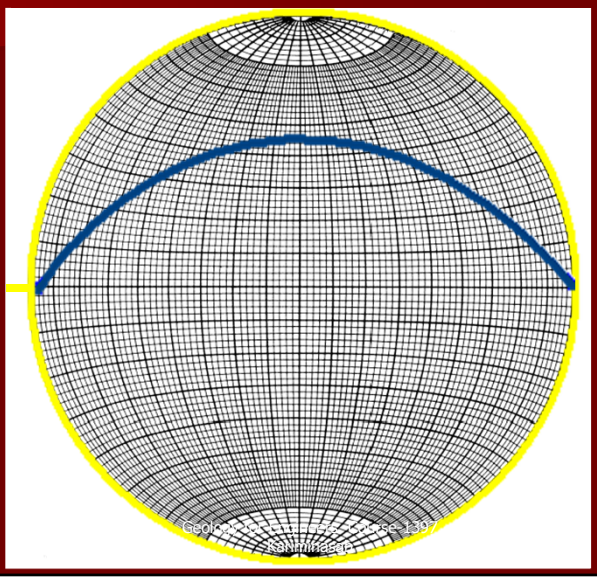
N



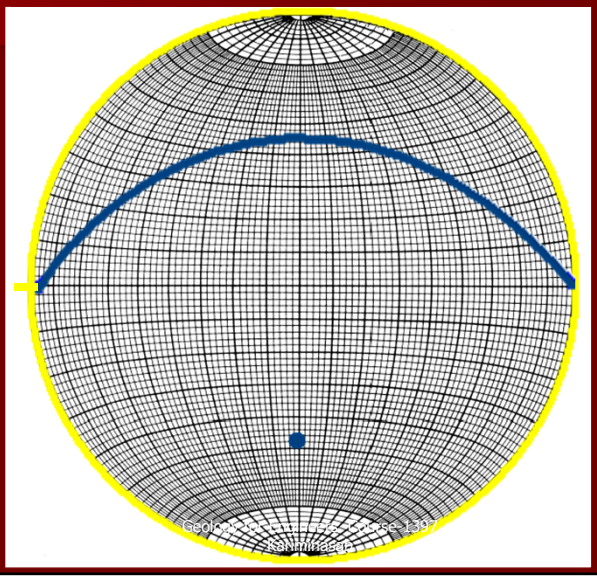
N



N

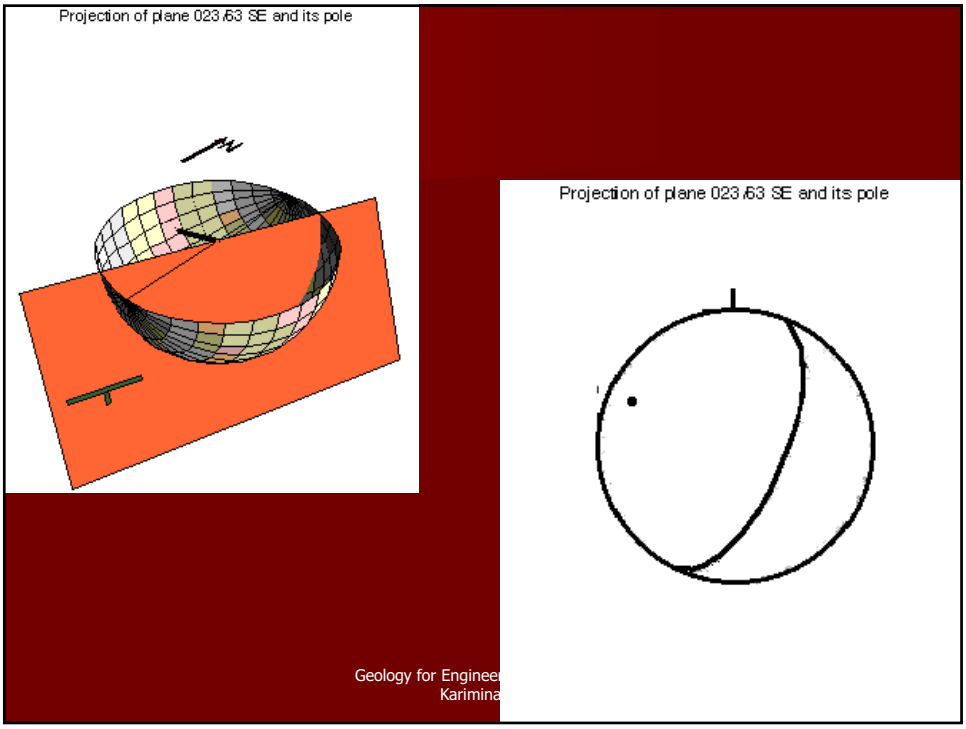


N



Quiz

- What is the Projection Plane 023/63 SE and its pole?

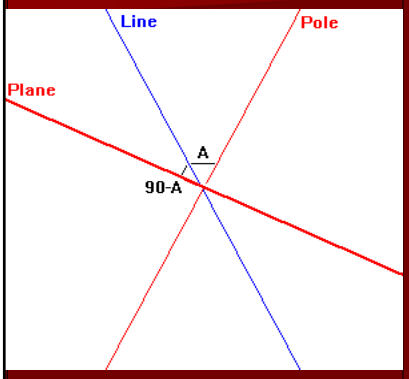


Take Home

First Question

- What is the Projection of Planes 023/63 SE and 131/38 SW, and their intersection?

Find Angle Between a Line and a Plane

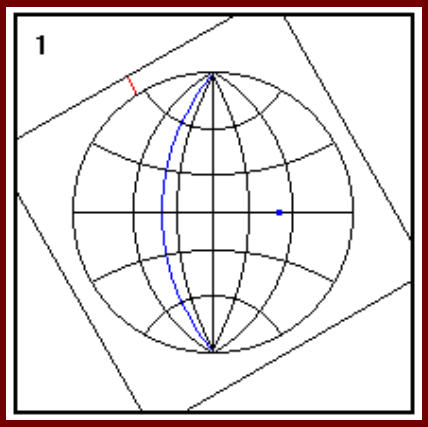


To measure the angle between a line and a plane, we have to measure in a plane perpendicular to the given plane, or in other words, in a plane containing the line and the pole. The angle between the plane and the line is equal to 90 degrees minus the angle between the poles and the line.

Note than the angle can also be 90+A..

Example

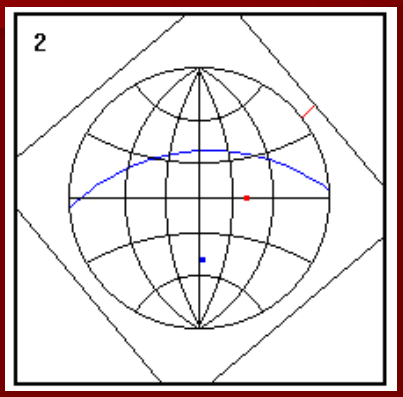
Find the angle between a line trending 028 and plunging 40 degrees, and a plane striking 034 and dipping 50 NW.



- 1. Plot the pole to the plane (the stereonet is rotated so strike 034 is vertical. The pole and the plane are in blue).

Example

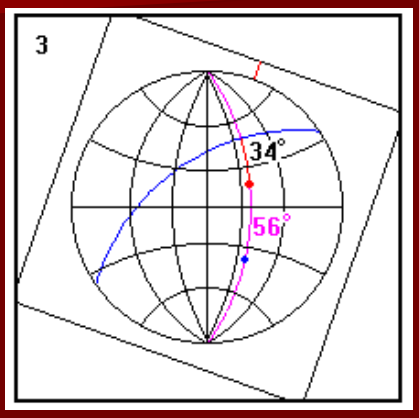
Find the angle between a line trending 028 and plunging 40 degrees, and a plane striking 034 and dipping 50 NW.



2. Plot the line (the stereonet is rotated so trend 038 is horizontal. The line is in red).

Example

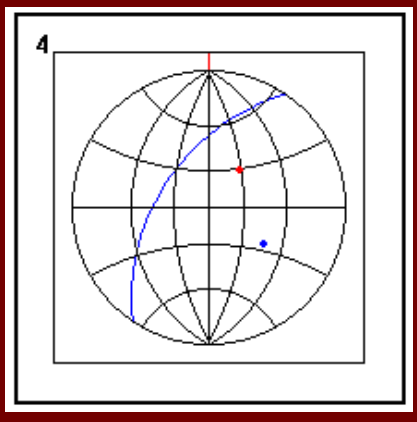
Find the angle between a line trending 028 and plunging 40 degrees, and a plane striking 034 and dipping 50 NW.



3. Rotate the overlay so the pole and the line lie on a common great circle (purple). Count off the angle between the poles and the line (56 degrees). The angle between the line and the plane is 90 minus this angle, or 34 degrees. 90+56, or 146 degrees, is also correct.

Example

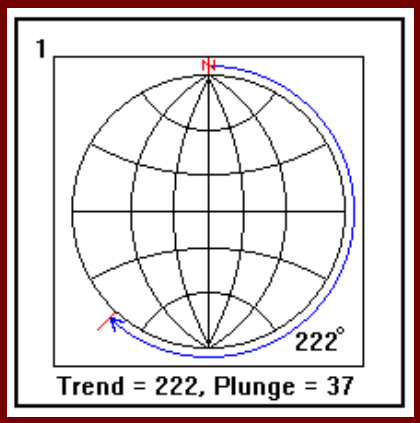
Find the angle between a line trending 028 and plunging 40 degrees, and a plane striking 034 and dipping 50 NW.



4. Return the overlay to its original position.

Plot a Line on a Stereonet Given its Trend and Plunge

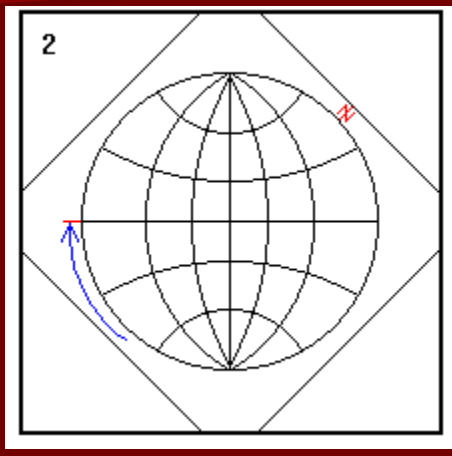
Example: Plot a line trending 222 degrees and plunging 37 degrees.



- **1.** Count off the trend around the circumference of the stereonet and mark it.

Plot a Line on a Stereonet Given its Trend and Plunge

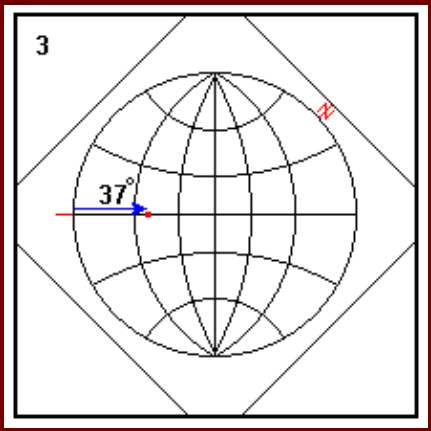
Example: Plot a line trending 222 degrees and plunging 37 degrees.



- **2.** Rotate the overlay so the trend lies along one of the vertical great circles. It does not matter which one.

Plot a Line on a Stereonet Given its Trend and Plunge

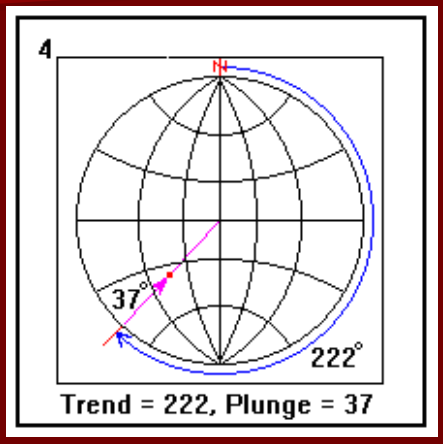
Example: Plot a line trending 222 degrees and plunging 37 degrees.



- **3.** Count in along the great circle and plot the point at the appropriate plunge.

Plot a Line on a Stereonet Given its Trend and Plunge

Example: Plot a line trending 222 degrees and plunging 37 degrees.

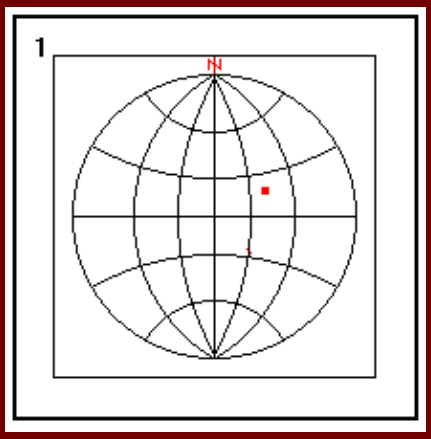


- 4. Rotate the overlay to its original position

Geology for Engineers Course-1397
Kariminasab

Find the Trend and Plunge of a Line Plotted on a Stereonet

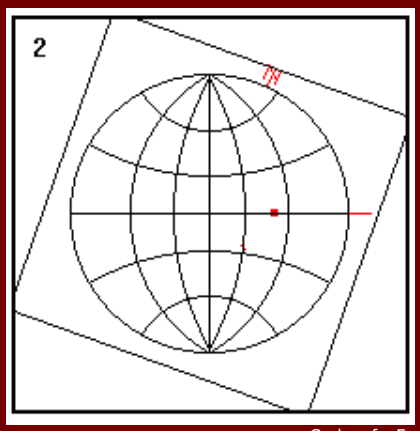
Example: trending 063 degrees and plunging 43 degrees.



- **1.** Find the trend and plunge of the plotted line.

Find the Trend and Plunge of a Line Plotted on a Stereonet

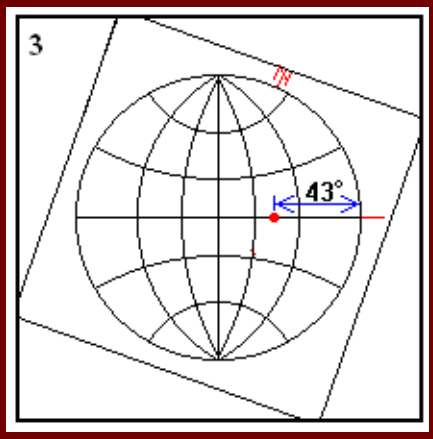
Example: trending 063 degrees and plunging 43 degrees.



- **2.** Rotate the plotted point to one of the vertical great circles (it does not matter which one). Draw a tick mark to indicate the trend.

Find the Trend and Plunge of a Line Plotted on a Stereonet

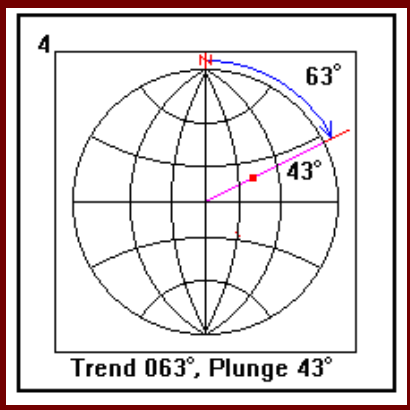
Example : trending 063 degrees and plunging 43 degrees.



- **3.** Count in along the great circle to find the plunge.

Find the Trend and Plunge of a Line Plotted on a Stereonet

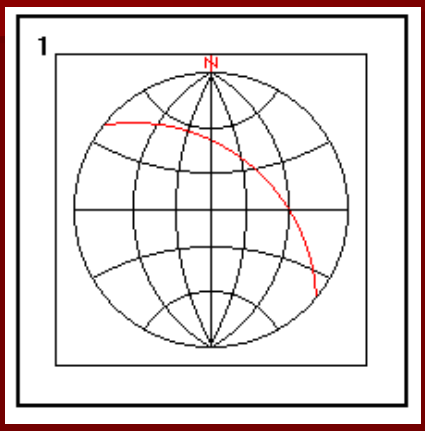
Example : trending 063 degrees and plunging 43 degrees.



- **4.** Return the overlay to its original orientation and count off the trend

Find the Strike and Dip of a Plane Plotted on a Stereonet

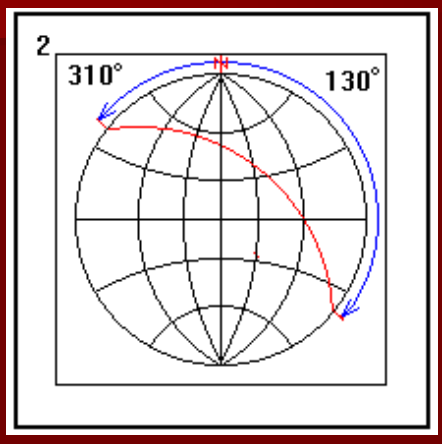
Example: 130/37 NE



- **1.** Find the strike and dip of the plotted plane.

Find the Strike and Dip of a Plane Plotted on a Stereonet

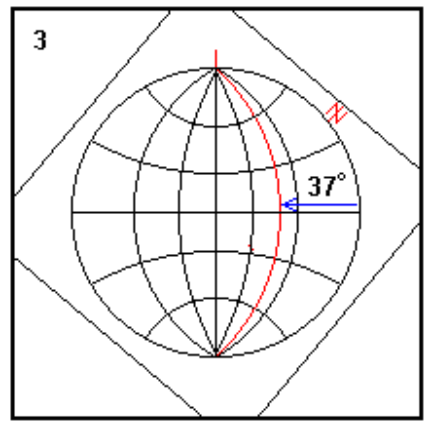
Example: 130/37 NE



- **2.** Count off the strike. Note that there are two possible answers differing by 180 degrees.

Find the Strike and Dip of a Plane Plotted on a Stereonet

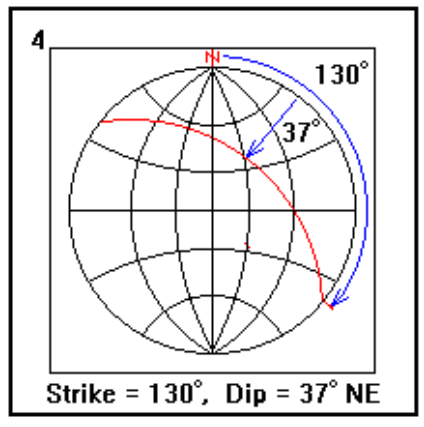
Example : 130/37 NE



- **3.** Rotate the overlay so the strike is north-south and count in along the equator to find the dip.

Find the Strike and Dip of a Plane Plotted on a Stereonet

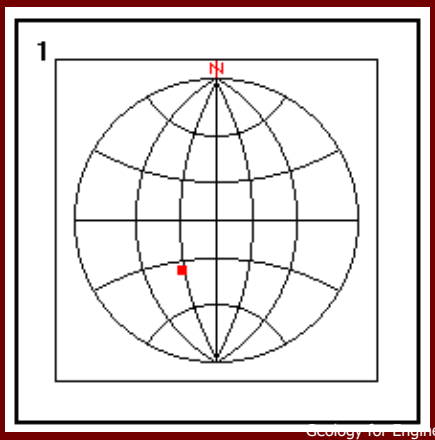
Example : 130/37 NE



- **4.** Final result

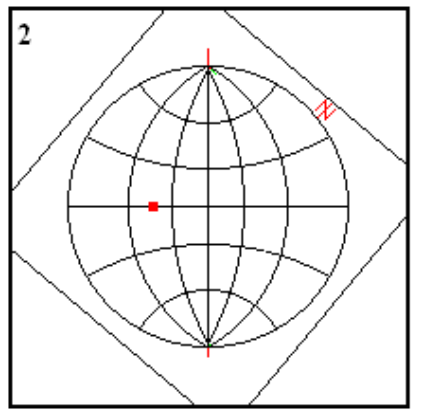
Find the Strike and Dip of a Plane, Given its Pole

Example : 130/37 NE



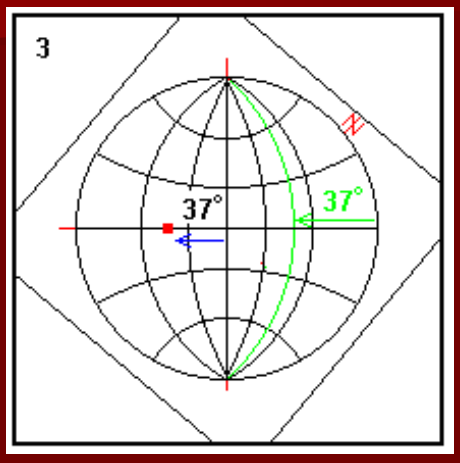
- **1.** Find the strike and dip of the plane whose pole is plotted here.

Example : 130/37 NE



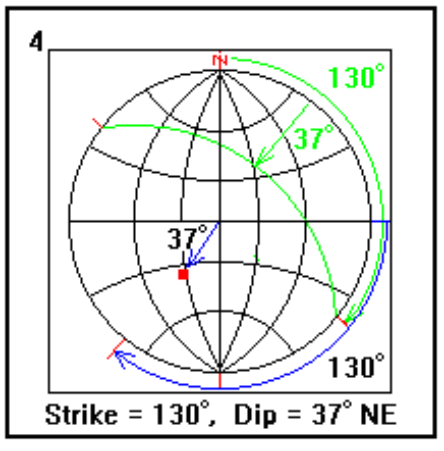
- **2.** Rotate the pole until it lies on the equator.

Example : 130/37 NE



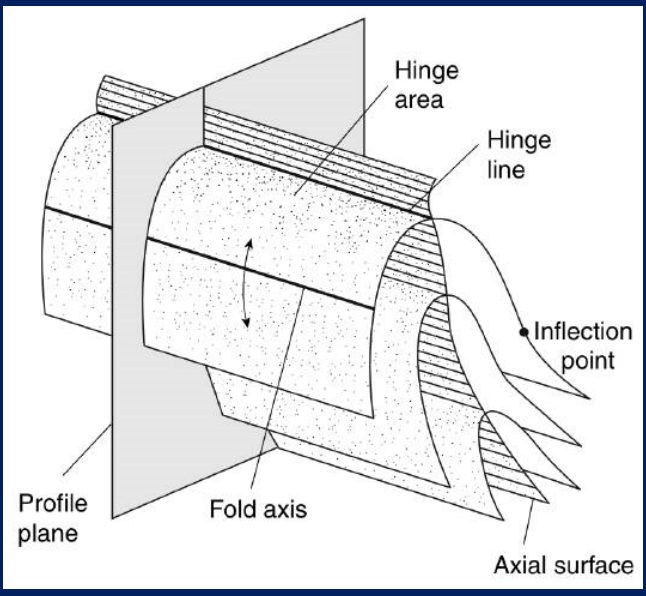
- **3.** Count off the dip from the center of the net. The great circle (shown in light green) lies 90 degrees away. Mark the strike of the plane at the ends of the N-S meridian.

Example : 130/37 NE



- **4.** Rotate the overlay to its original position and measure the strike.

تکنیک های تحلیل چین ها

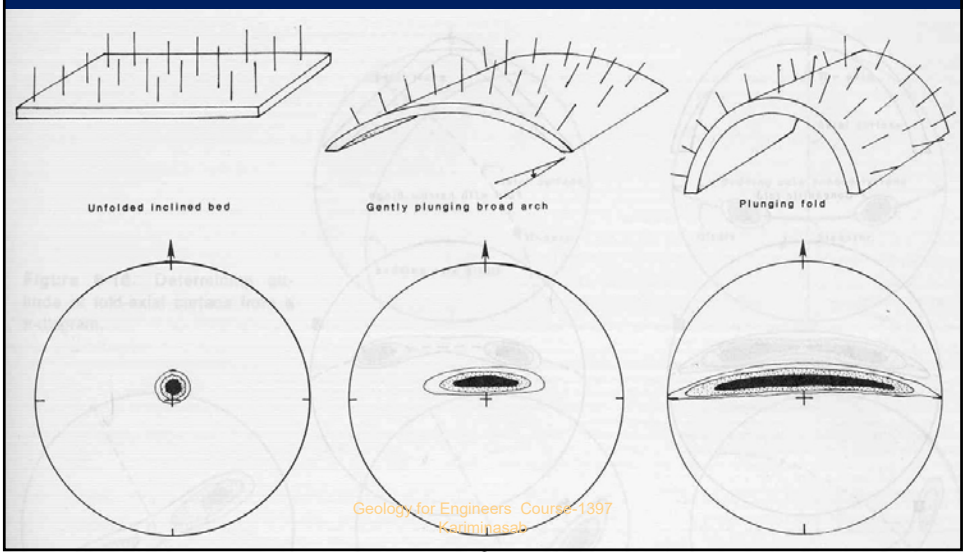


Geology for Engineers Course-1397
Kariminasab

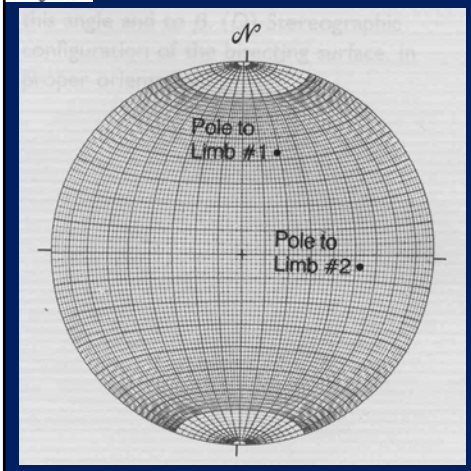
محورهای β و π

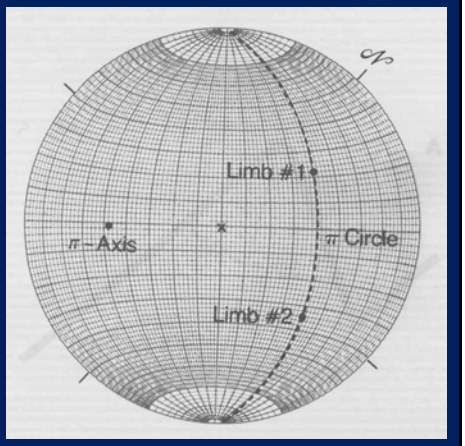
π-girdle: best-fit girdle to poles to bedding

π-axis: pole to π-girdle



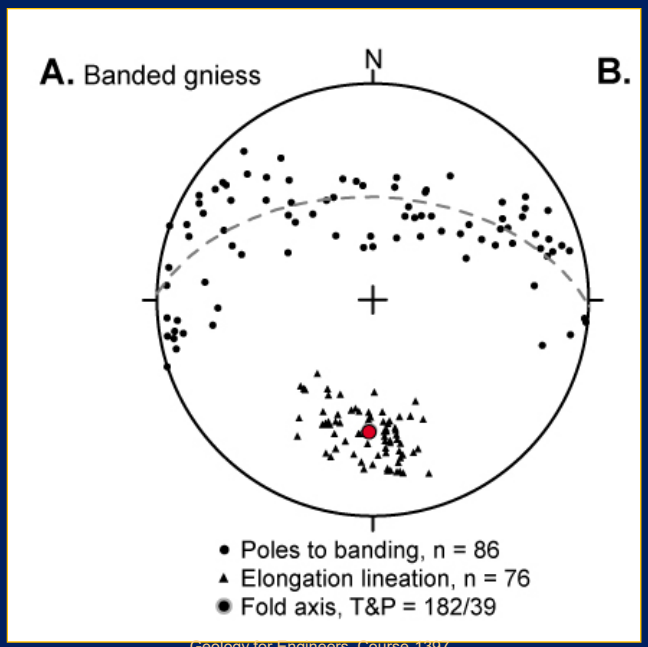
Finding π-axes

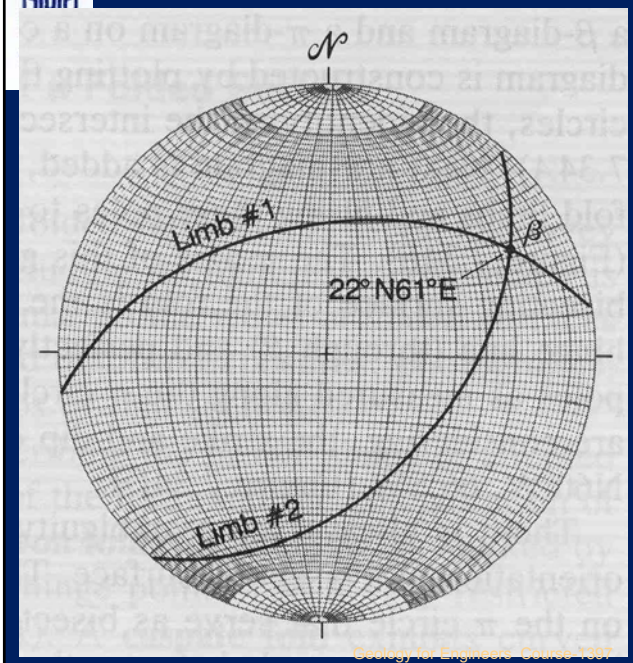




1. Plot poles to bedding

2. Find best-fit great circle





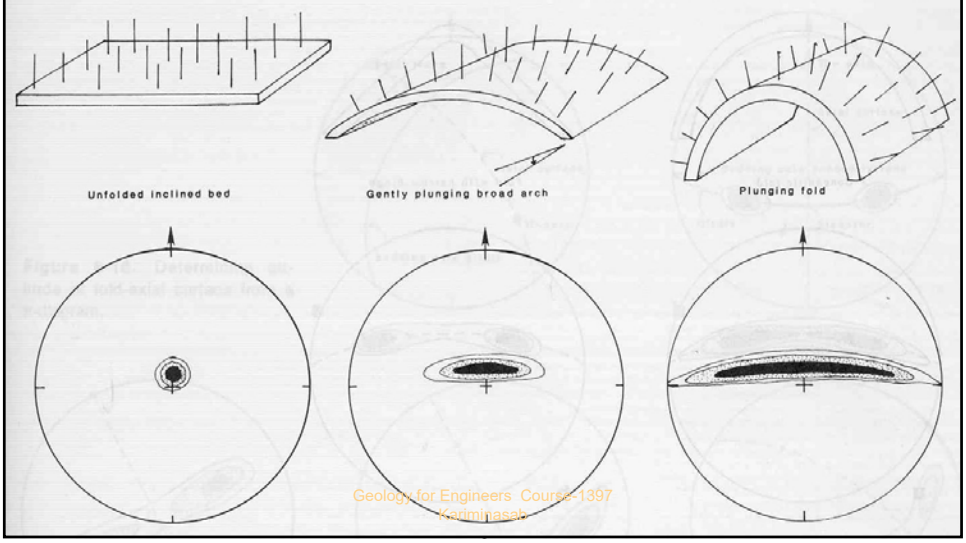
β-axis: defined by intersections of bedding planes plotted on net

Find a fold axis using these bedding measurements

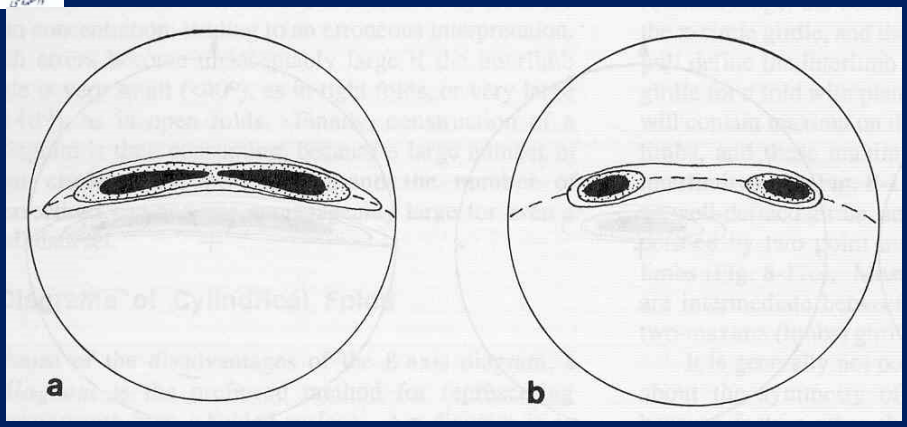
- 050°, 80°-SE
- 350°, 44°-NE
- 088°, 72°-NW

Use both π-axis and β-axis methods

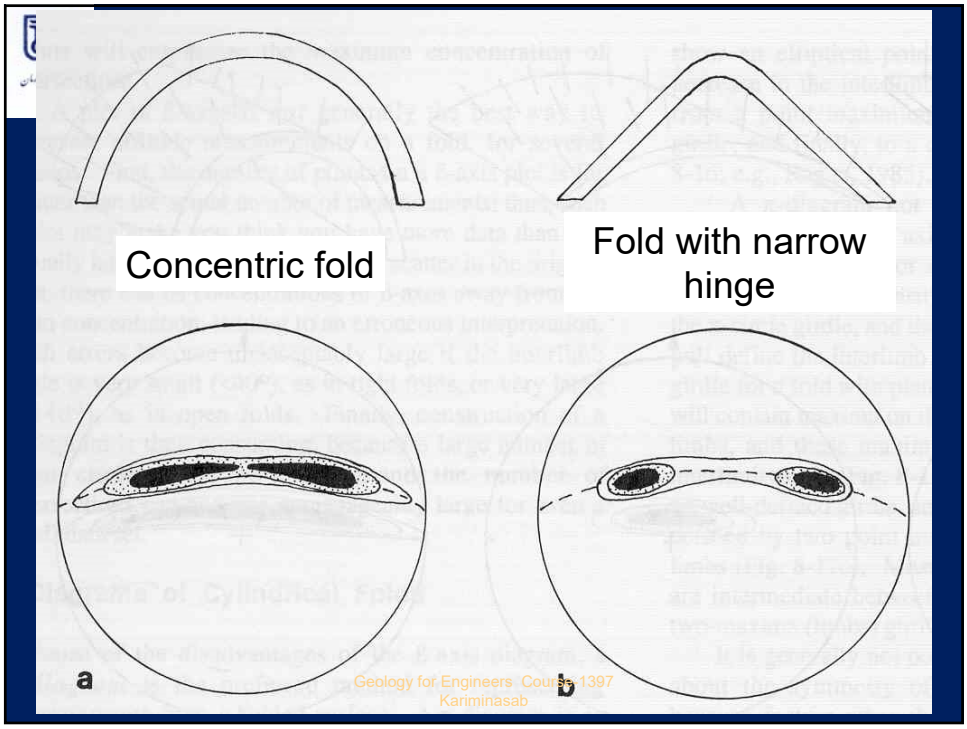
Interpreting π-axis diagrams

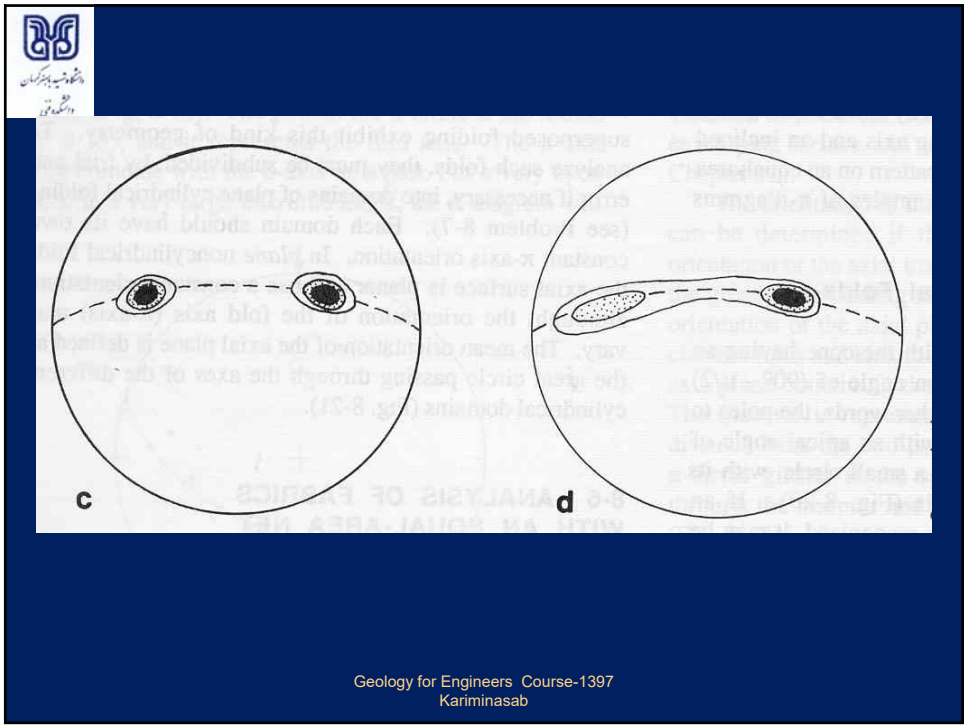


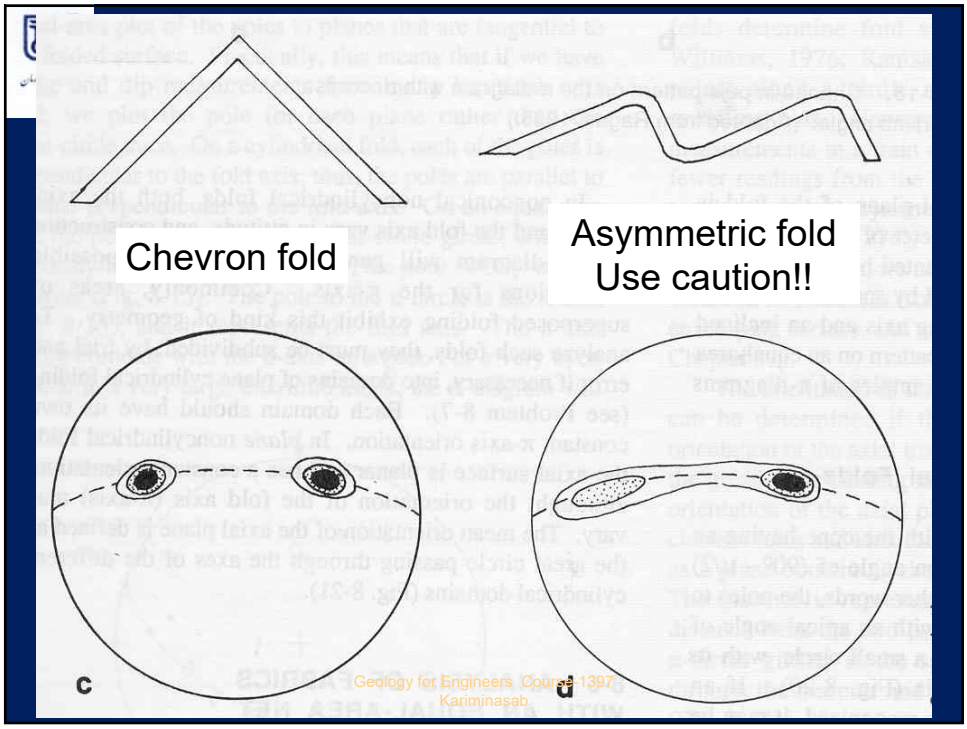
Geology for Engineers Course-1397
Kariminasab



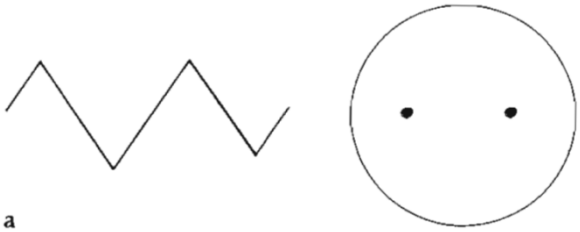
Geology for Engineers Course-1397
Kariminasab


Concentric fold
Fold with narrow hinge
a
b
Geology for Engineers Course-1397
Kariminasab

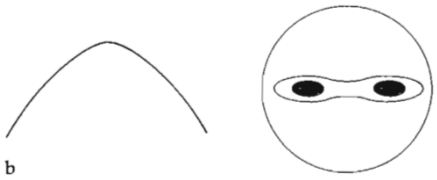

c
d
Geology for Engineers Course-1397
Kariminasab



Geology for Engineers Course-1397
Kariminasab



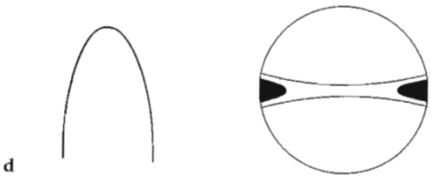
Geology for Engineers Course-1397
Kariminasab



b



c


d

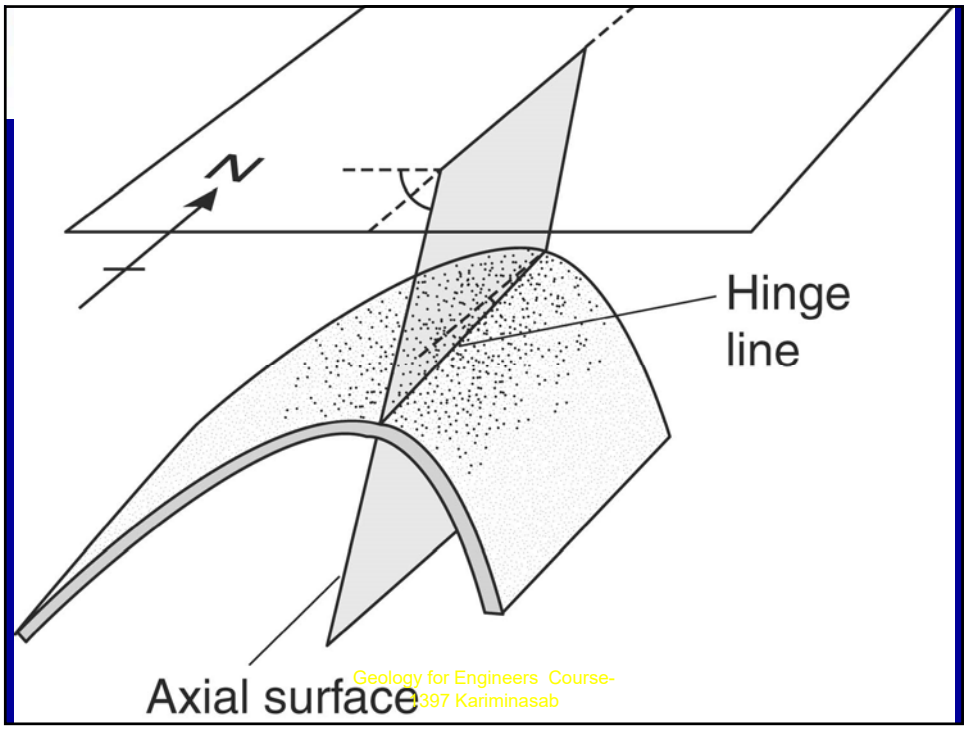

e

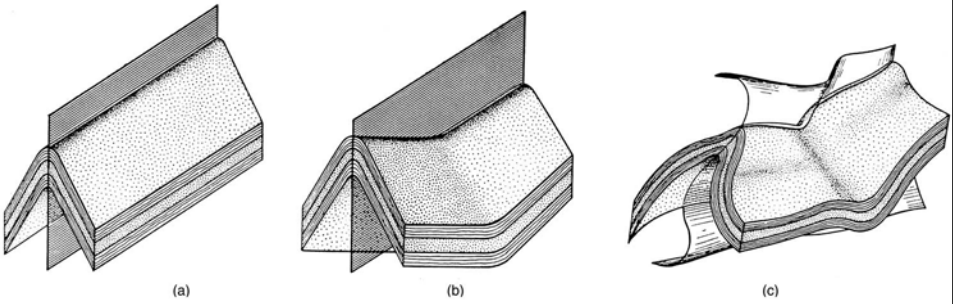
Folded Rock

Syncline

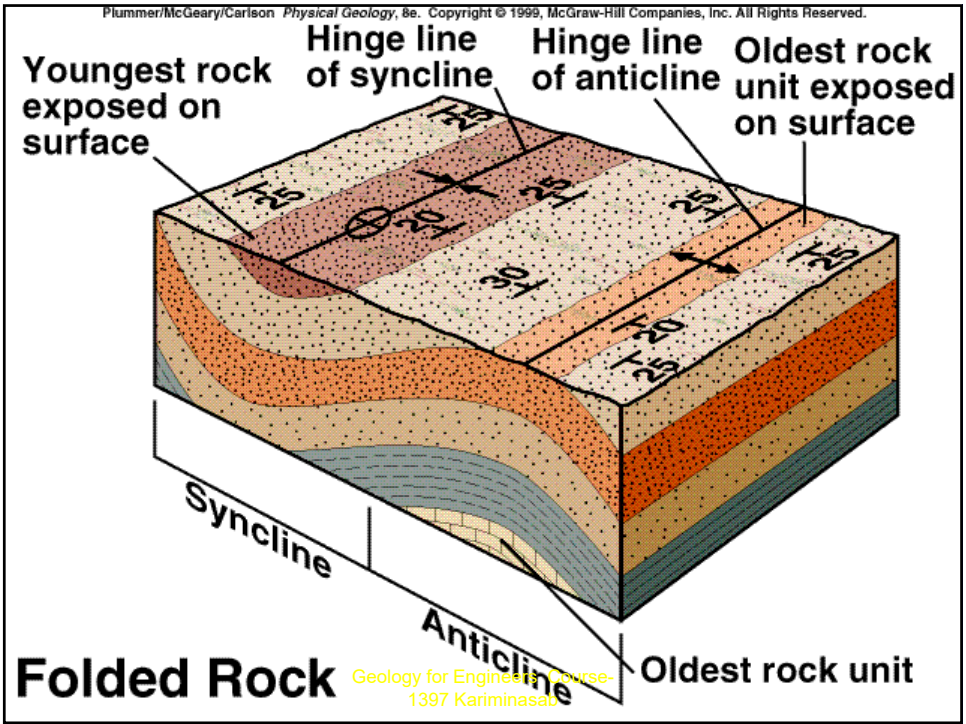
Anticline

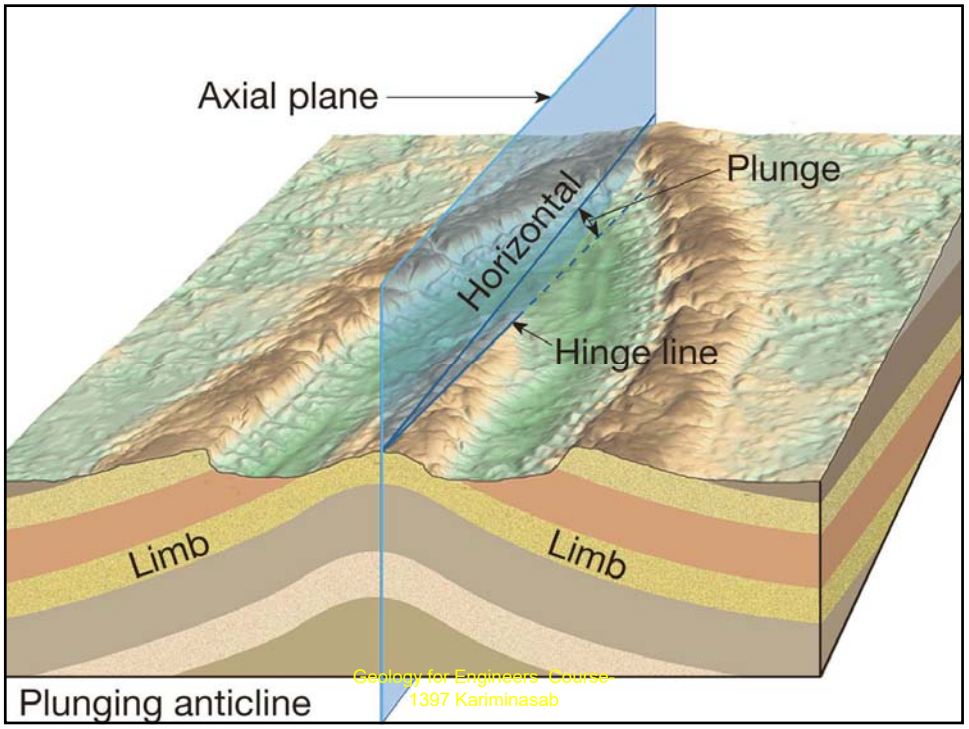






Plummer/McGeary/Carlson *Physical Geology*, 8e. Copyright © 1999, McGraw-Hill Companies, Inc. All Rights Reserved.

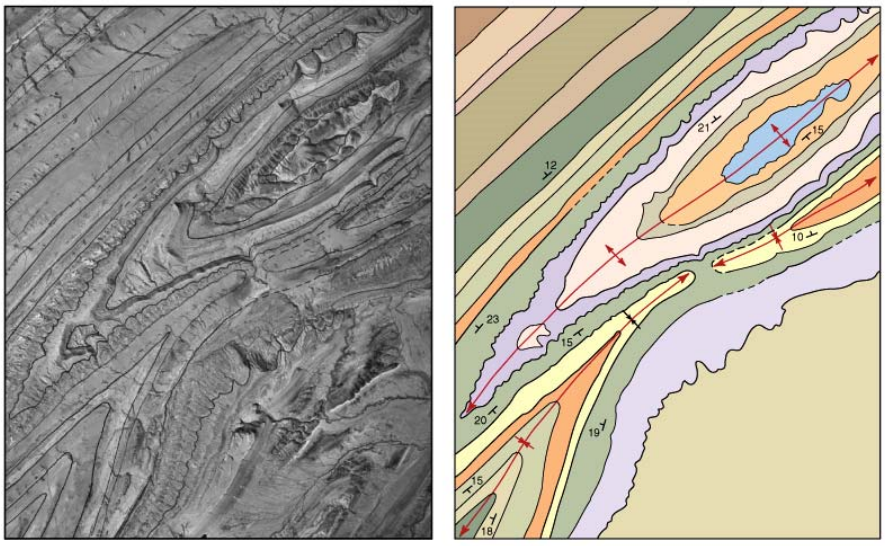


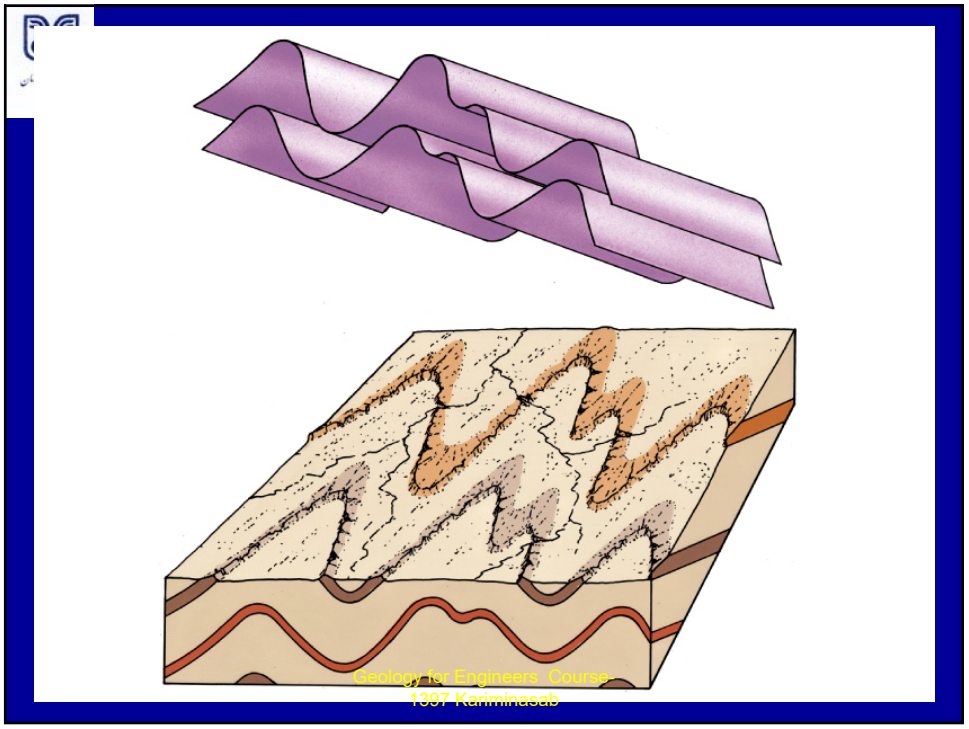

Axial plane
Plunge
Horizontal
Hinge line
Limb
Limb
Plunging anticline
Geology for Engineers Course-
1397 Kariminasab


Fold hinge and axial surface
Geology for Engineers Course-
1397 Kariminasab

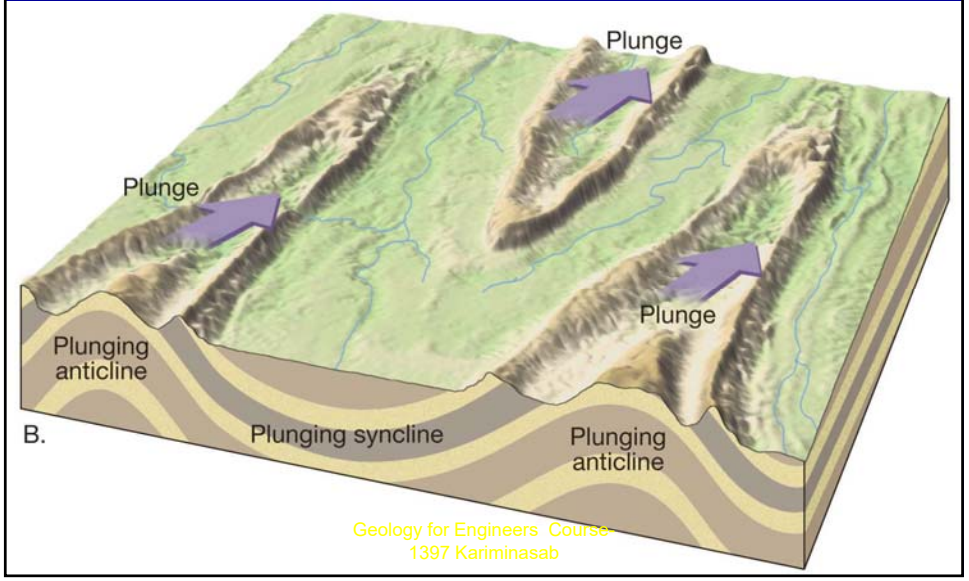
Sheep Mountain-Wyoming







Map Patterns of Folded rocks





Western
PA

بررسی های
زیر سطحی ژئوتکنیکی

بررسی های ژئوفیزیک

- ژئوفیزیک علمی است از منظر فیزیک به بررسی رفتار زمین می‌پردازد.

روش‌های ژئوالکتریک

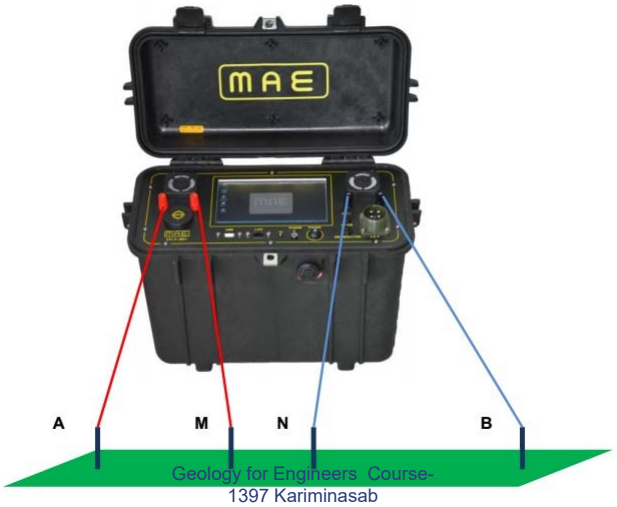
- تغییر خواص الکتریکی سنگها اساس روشهای متنوع اکتشافات الکتریکی و الکترومغناطیسی است.

روش‌های ژئوالکتریک

روش‌های ژئوالکتریک به منظور تهیه نقشه‌ای از ساختار مقاومت الکتریکی در زیر زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد.

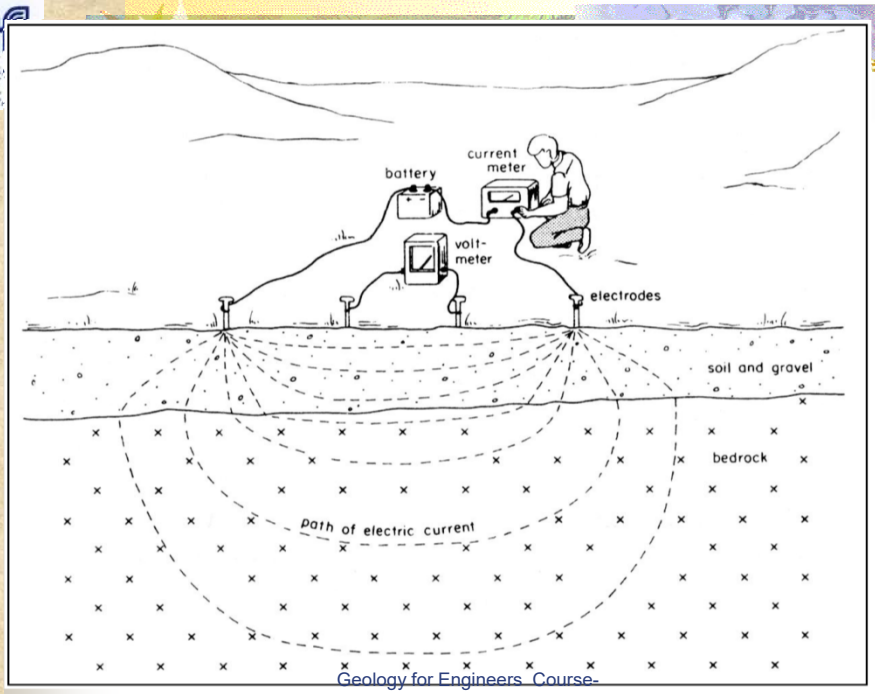
مقاومت الکتریکی سنگ برای اهداف آب زمین شناختی (Hydrogeology) **بسیار مناسب است؛**

دستگاه ژئوالکتریک C313-SEV



دستگاه ژئوالکتریک C313-SEV





روش‌های ژئوالکتریک

مثلاً برای مشخص کردن:

- – آب شیرین از آب شور،
- – لایه آبدار ماسه‌ای با سنگ نرم از مواد رسی،
- – لایه‌های آبدار متخلخل/شکافدار در سنگ‌های سخت
- – بررسی‌های مهندسی به منظور شناسائی حفره‌ها، گسل‌ها، شکاف‌ها و تونل‌های زیرزمینی
- – تعیین عمق و ضخامت لایه‌های زمین‌شناسی و هیدروژئولوژیکی کم عمق و عمیق

روش‌های ژئوالکتریک

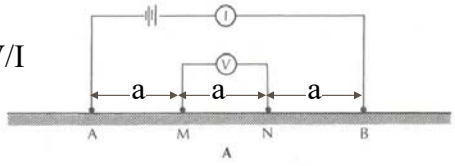
- – مشخص کردن ناهنجاری‌های اندازه‌گیری مقاومت خاک برای بدست آوردن میزان خورندگی فلزات
- – تعیین کیفیت آب (میزان شیرینی و شوری و تعیین مرز بین آنها)
- – تخمین میزان آبدهی و عمق دسترسی به آب (سطح ایستابی)
- – تعیین محل جابجایی چاه و همچنین تعیین میزان کف شکنی
- – تشخیص ریزش احتمالی در طی حفاری و بهره‌برداری چاه
- – اکتشاف آب‌های زیرزمینی و شناسایی توالی لایه‌های زمین
- – اکتشاف قنات‌های مدفون و روند کوره قنوات
- – اکتشاف حفره‌های کارستی
- – تعیین حداکثر عمق حفاری

انواع روش‌های ژئوالکتریک:

- بطورکلی، وضعیت قرارگیری الکترودها بصورت خطی برای اندازه‌گیری مقاومت مورد استفاده قرار می‌گیرد. آرایش رایج الکترودها بصورت «شِلمبِرژر»، «وِنِر»، «دوقطبی–دوقطبی» می‌باشد.
-

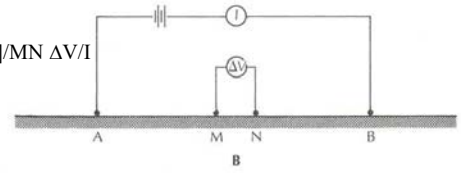
Wenner array

$R = 2\pi a\, \Delta V/I$



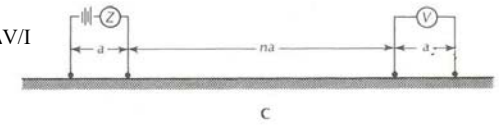
Schlumberger array

$R = \pi[(AB/2)^2-(MN/2)^2]/MN\ \Delta V/I$



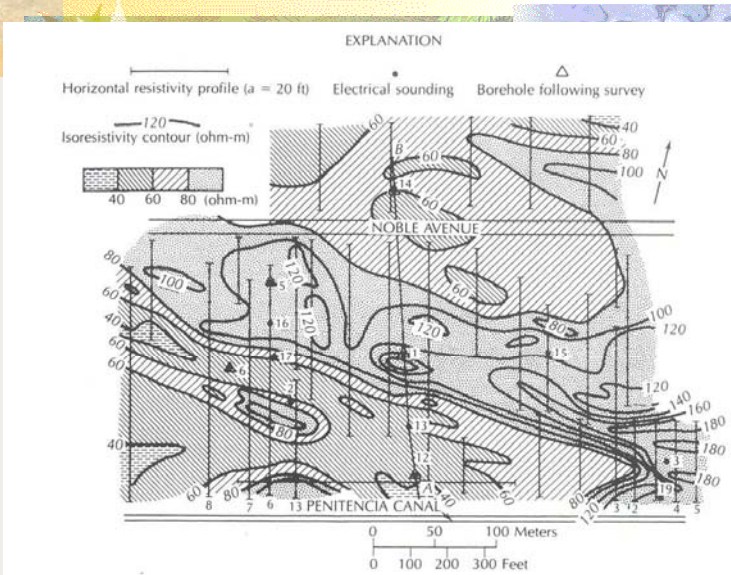
Dipole-dipole array

$R = n(n+1)(n+2)a\, \Delta V/I$



▲ FIGURE 12.6
A. Wenner electrode array. B. Schlumberger electrode array. C. Dipole-dipole electrode array.

Geology for Engineers Course-
1397 Kariminasab



▲ FIGURE 12.8
Apparent-resistivity map of Penitencia, California. Locations of resistivity profiles, soundings, and boreholes are shown. The location of Borehole and Electrical Sounding 1 is in the center of the high-resistivity zone. *Source: A. A. R. Zohdy,* Ground Water, *3, no. 3 (1965): 41–48. Used with permission. Copyright © 1965, Ground Water Publishing Co.*

روش‌های گراویمتری

- ثقل‌سنجی به عملیات اندازه‌گیری ثقل یا گرانش گفته می‌شود.
- در این روش اندازه‌گیری تغییرات میدان جاذبه زمین در نقاط مختلف آن انجام می‌شود.
- با توجه به وابستگی میان میدان جاذبه و چگالی توده‌های مختلف زیرسطحی، با ثبت میدان جاذبه می‌توان مواد معدنی با چگالی بیشتر یا کمتر از سنگهای درونگیر آنها را کشف نمود.

A Worden gravimeter

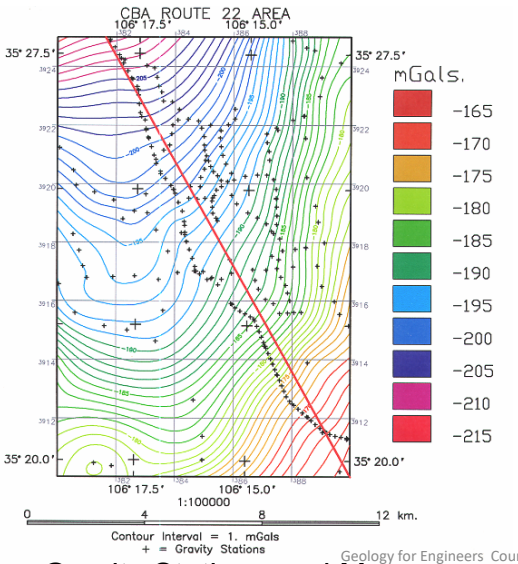




روش‌های گراویمتری

- این روش را می‌توان در سطح زمین یا در داخل تونلهای زیرزمینی اجرا نمود. در اکتشافات هیدروکربوری این روش به همراه روش مغناطیس سنجی به عنوان یک ابزار شناسایی کاربرد دارد.
- اجرای این روش ارزان‌تر از روشهای لرزه‌نگاری و گران‌قیمت تر از سایر روشهای ژئوفیزیکی است. در مطالعات مهندسی و باستانشناسی خصوصاً برای کشف حفره‌های زیرزمین کاربرد ویژه دارد.

Gravity/GPS





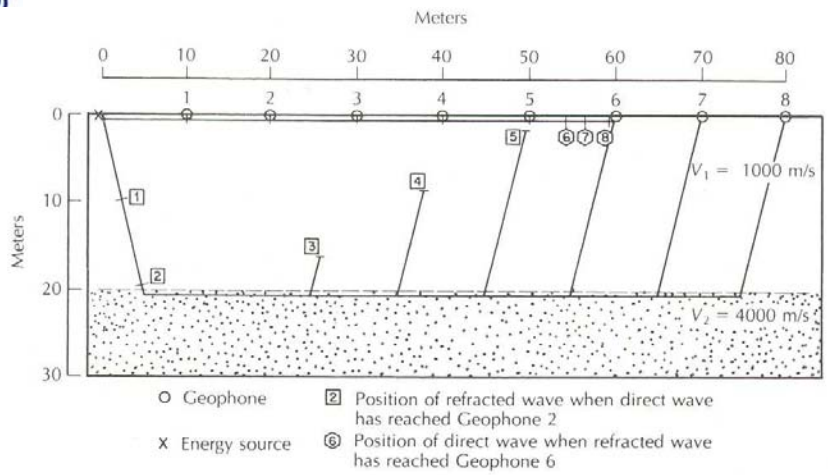
Gravity Stations and Map

روش لرزه نگاری

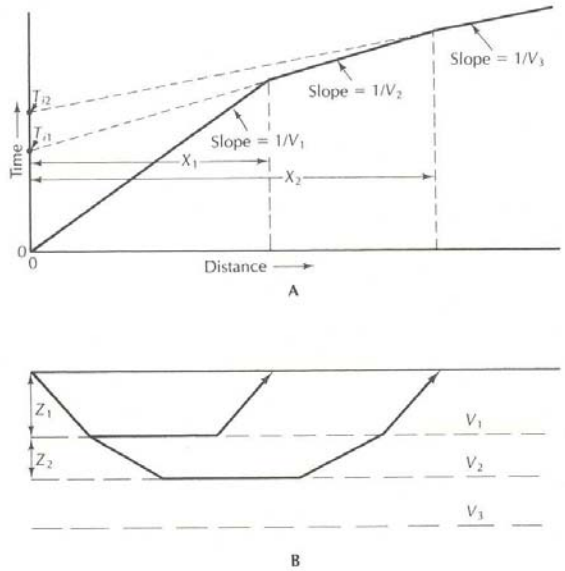
- مهمترین بخش از فعالیتهای ژئوفیزیکی را عملیات لرزه نگاری تشکیل می‌دهد.
- بطور کلی امواج لرزه‌ای از محل تشکیل به صورت کروی منتشر می‌شوند.
- امواج لرزه‌ای در محل تغییر جنس مواد منعکس یا منکسر شده و پس از بازگشت به سطح زمین توسط ابزارهایی ثبت می‌شوند.
- این امواج که مشابه امواج زمین لرزه ولی به مراتب ضعیف تر از آن هستند، برچند نوع هستند.

روش لرزه نگاری





▲ FIGURE 12.12
Travel paths of a refracted seismic wave and a direct wave. The direct wave will reach the first five geophones first, but for the more distant geophones the first arrival is from a refracted wave. Numbers inside symbols refer to distances traveled by wave paths going toward the indicated geophone.



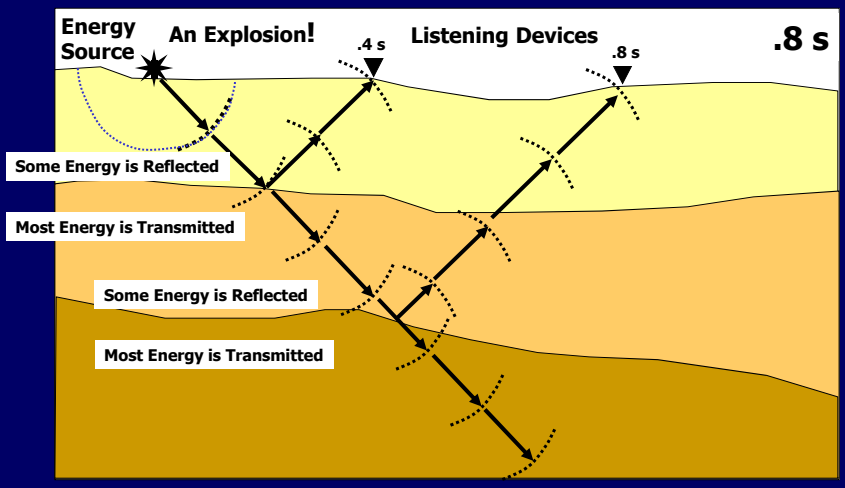
▲ FIGURE 12.15
A. Diagram of arrival time versus distance for a three-layered seismic problem. B. Wave path for a three-layered seismic problem.

Seismic Reflection and Refraction

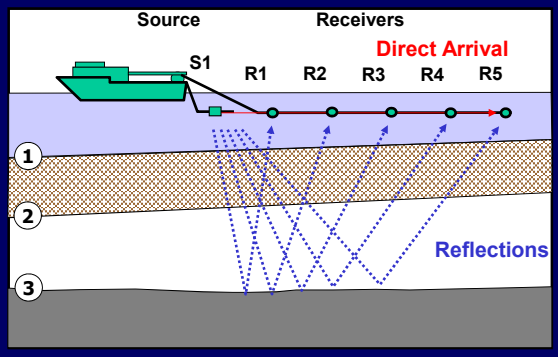




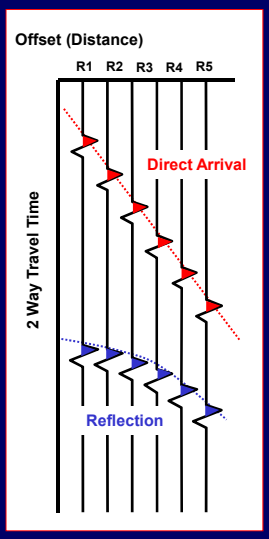
The Seismic Method



Shot Gather



For Shot 1



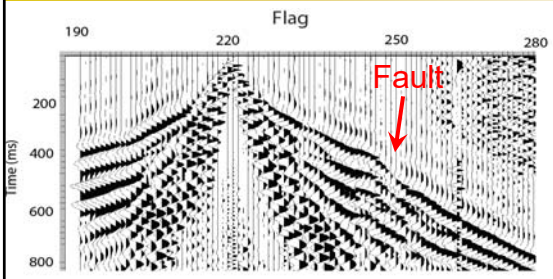
For each shot, reflections are recorded in 5 receivers

There are 5 'bounce' points along interface 3

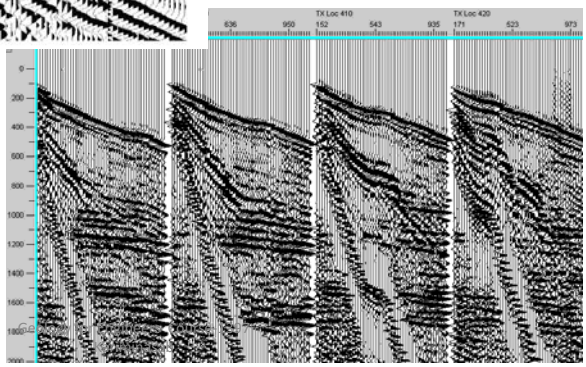
Geology for Engineers Course-1397 Karimiasab

F W Schroeder '04

Seismic Reflection and Refraction

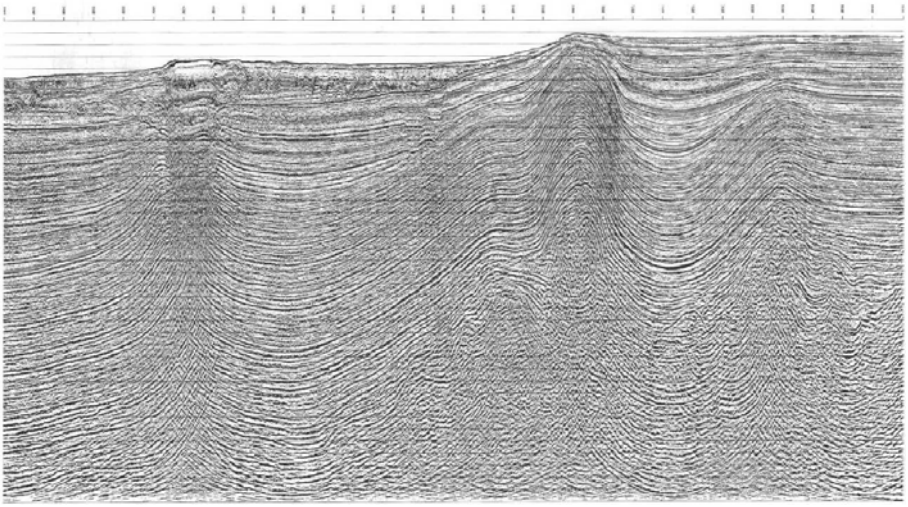


Refraction



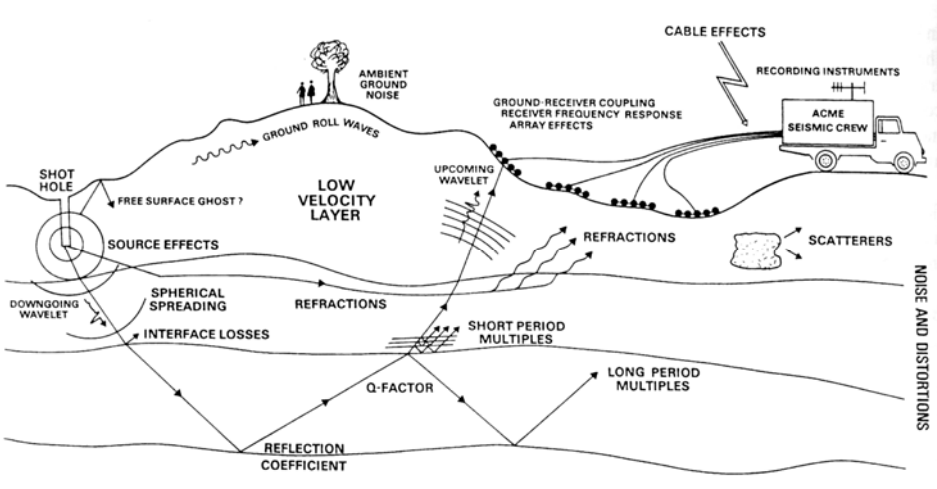
Reflection shot gathers

Reflection data processing



The final stacked, migrated seismic section

Seismic Methods: Refraction



(see also http://www.mines.edu/fs_home/tboyd/GP311/MODULES/SEIS/main.html)n

Seismic Waves

P

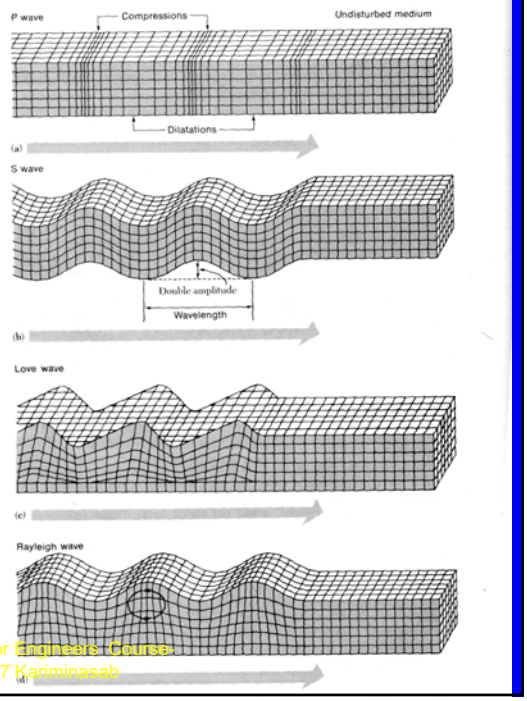
Body

S

Love

Surface

Rayleigh



Geology for Engineers Course
1397 Kariminasab

مغناطیس سنجی

- در این روش معمولا برای کانسار مغناطیسی یا سنگهایی که از خاصیت مغناطیسی زیادتری برخوردارند (مثل سنگهای بلورین آذرین یا دگرگونی ، در مقایسه با سنگهای رسوبی) بکار می‌رود.
- بطور کلی سنگهای حاوی کانی‌های مغناطیسی، میدان مغناطیسی زمین را تعدیل می‌کنند.
- هر گونه تغییر در میدان مغناطیسی زمین را می‌توان با ابزارهای دقیق سنجید.

Geology for Engineers Course
1397 Kariminasab

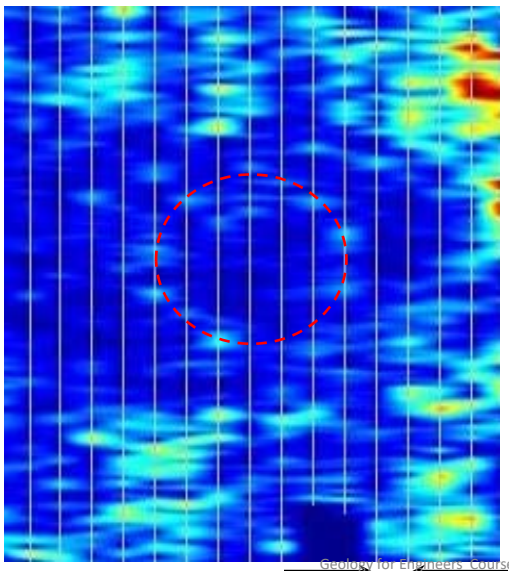
روش رادار نفوذی به زمین
GPR

-) رادار نفوذی به زمین یک روش ژئوفیزیکی و با قدرت تفکیک بالا می‌باشد. این روش با ارسال امواج با فرکانس‌های مختلف بـــه درون زمین و دریافت امواج بازتابی حاصل، به آشکارسازی و شناسایی ویژگی‌های ساختارهای مدفون در درون زمین می‌پردازد.

روش رادار نفوذی به زمین
GPR

- از کاربردهای اختصاصی می‌توان به مطالعه تنه و ریشه درختان، مطالعات باستان‌شناسی و سفارشی سازی تجهیزات جهت نصب بر روی اتومبیل به منظور اسکن جاده‌ها، راه‌آهن و فرودگاه اشاره نمود. علاوه بر این امکان تلفیق روش GPR با سایر روش‌های ژئوفیزیکی از جمله روش ژئوالکتریک و لرزه نگاری فراهم بوده که دسترسی به نتایج دقیق‌تر با ضریب اطمینان بالاتر را ممکن می‌سازد.

Archaeological Site - GPR



GPR Image

Geology for Engineers Course-1397
Kariminasab