



کانال مہمات شریف

✓ @SHARIF_IE

Separation Science

- **Fractional distillation** (تقطیر جزء به جزء)
- (دریغ تقطیر در شوره) تقطیر
- **Liquid-liquid Extraction** (استخراج مایع - مایع)
- ion-exchange
- روش های طرایی
- floatation (شناوری)
- membranes (غشاهای)
- **Chromatography** (theory - GC - HPLC - CE)

مثلاً برای جداسازی نفت می توان از تقطیر جزء به جزء استفاده کرد اما جداسازی را با کروماتوگرافی و با مقدار بسیار کم از غده انجام داد

↳ **microextraction** (ریز استخراج)

* کتاب دست طهر استلوک / روش های فیزیکی و شیمیایی جداسازی از آفات پروفسور برگ /

Analytical Chemistry

- Identification (شناسایی) (بسیار زیاده که مراد)
- Separation

آب می توان به ساید سیرال داشته باشد و در دو ساید سیرال ها هم می توانند گرفته شوند
 بافت عمده های واقع در مایع Single نیست. مثلاً سیرال را که تا سیرال
 پس از جدا کردن (فقط اکتان نیست، هکسان هم هست) قبل از اندازه گیری با جداسازی انجام شود

Column:

* نمونه از انواع های پیری کارتن استون است مثل: تقطیر، استخراج، کروماتوگرافی، ماده بون و ...
 در استون یک مفهوم داریم به اسم HETP (ارتفاع معادل یک سینی تئوری)
 روی استون ها تعدادی plate (سینی یا ششگانه) وجود دارد. در واقع جایی است که دو فاز در حالت تعادل در می آیند. هر چه
 تعداد plate ها بیشتر باشد خوب است (ارتفاع معادل آن ماده کوتاه (کوچک) باشد تا plate ها بیشتر باشد)
 یک مفهوم دیگر به اسم Sample hold up
 Through put

Separation Efficiency (کارایی جداسازی)

استون کروماتوگرافی در آن ماده سینه سینی تئوری دارد. تعداد plate بیشتری دارد. پس استون کروماتوگرافی قابلیت جداسازی
 خیره بیشتری از استون های تقطیر دارد.

Differential Migration

* مقصدی روش های کلاسیک: کروماتوگرافی، ماده کهنه های بون، دیالیز جزء این دسته قرار می گیرند. از هم جدا می شوند.
 توجه شود که در این روش ها دینامیک (پویا) هستند یعنی حرکت می کنند. بالا یا پایین می روند از یک فاز به فاز دیگر تبدیل می شوند.

* Fractional distillation:

تعریف: تغییر همزمان یک مایع در یک طرف و گرفتن متعاقب بخارات در طرف دیگر

$$F = C - P + 2$$

تعداد اجزای مستقل (Component) (P) تعداد اجزای متغیر (C)

طرف آب و بخارات: $F = 1 - 2 + 2 = 1$
 اگر هم دو جزء باشد: $F = 2 - 2 = 0$

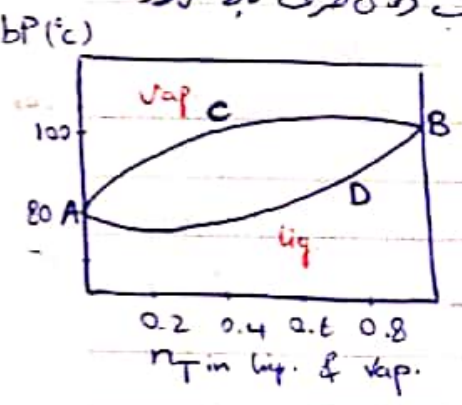
غلوط بنزن و تولاژن

نقطه جوش تولاژن (T) = 110°C

نقطه جوش بنزن = 80°C

آر 50/50 غلوط کیم و شروع، حرارت دادن کنیم، در دمای 80°C بنزن بخار می شود. حریم دریا با دما کم می شود و فاز گاز را از بنزن (فاز مایع) جدا می کند. (درصد بنزن در فاز گاز بیشتر از فاز مایع می شود)

در صورت تغییر شد دما در این ترکیب در صد نیز تغییر کرده. همین ترکیب در صد تغییر می کند و این نیز بالا می رود. در حالی که در آب وقتی حرارت آن را کم می کنیم تا زمانی که آخرین مولکول آب تبخیر شود دما افزایش می یابد و صرفاً تغییر فاز صورت می گیرد. بعد از گذشتن جوی آب دمای طرف بالا می رود.



همه فازها در غلظت فاز برابر است
 ترکیب در صد (در فاز گاز) C
 ترکیب در صد (در فاز مایع) D
 تغییر بر اساس اختلاف در ترکیب در صد است

Separation efficiency: این اختلاف در ترکیب در صد در فاز مایع و گاز
 ظ سنگین دارد. (Δ)

ضربیت (Volatility) (ترکیب در صد) (n) کار ص = $V = \frac{y}{x}$
 (n) مایع ص

برای ماده ضعیف $V=1$ است. α : فراتریت نسبی

For a binary system: $V_1 = \frac{y_1}{x_1}$ $V_2 = \frac{y_2}{x_2}$ $\frac{V_1}{V_2} = \frac{y_1 x_2}{y_2 x_1}$ $\frac{y_1}{y_2} = \alpha \frac{x_1}{x_2}$

$x_2 = 1 - x_1$ $y_2 = 1 - y_1$ $\frac{y_1}{1 - y_1} = \alpha \frac{x_1}{1 - x_1}$ (برای غلظت برابر است) MVC (more volatile component)

$\alpha > 1$ / efficiency ↑ $\alpha \uparrow$
 $\alpha \uparrow$ یعنی آن افراد راحت تر جدا می شوند یعنی قابلیت جداسازی بیشتر می شود / فشاری را می توانیم برای α

است $\left(\alpha = \frac{P_1}{P_2} \right)$ / یک رابطه داریم هم درست آمده: $\log \alpha = 8.9 \frac{T_B - T_A}{T_A + T_B}$
 نرمال (جذب کلون) / این دو ماده را می بینیم که ترکیب زایلین ها ۲ اورتو را با $\alpha = 1.049$ جدا کردن این دو از هم خنک است
 $\log \alpha = 8.9 \frac{2}{(273+110) \cdot 2}$ اختلاف 2°C دارند

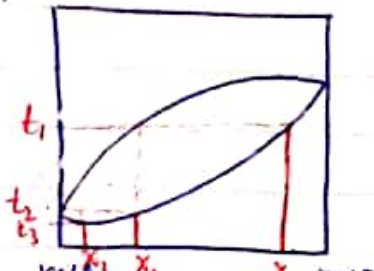
Δ	α
2	1.049
4	1.102
8	1.214

همه اختلاف نقطه جوش بیشتر می شود، α بیشتر می شود

تولید تغییر فاز: (بخار غنی تر از MVC) کار را کمتر کرده جمع کرده ایم دوباره می کشیم و دوباره کار می کشیم شده دیگر که این روش جرم هر مولکول تا به دم این مورد نظر جداسازی بریم بخار دوم غنی تر از بخار اول در MVC است تا آنکه در دم خلوص قابل قبول بریم تازه خنک می کنیم تا آنکه مایع که می ماند با طعم طرف قبلی است، بوی دار است

دقیقاً این کاری است که در یک ستون تقطیر با برج تقطیر صورت می‌گیرد. اگر یک مخلوط ساده binary داشته باشیم

bp



از x_1 و x_2 یک تغییر داریم که این تغییر معادل یک مرحله است
 x_4 غنی تر از فاز A است

Enrichment (غنی سازی): ستون می‌تواند تا جایی که می‌خواهد غنی‌سازی را انجام دهد.
 هر چه عمق بیشتر efficiency و در نتیجه غنی‌سازی بیشتر می‌شود.

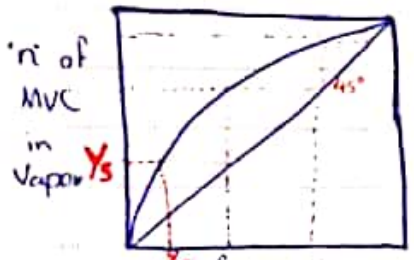
Efficiency = Theoretical Plates (TP) \rightarrow x_1 و x_2 را یک واحد می‌داند
 که این از این معادله x_3 و x_1 در TP نیاز داریم. در تقطیر جز efficiency TP بستگی دارد.

HETP (ارتفاع معادل یک سینی ستونی) (Height Equivalent of a Theoretical Plate)

تعداد \uparrow ارتفاع \downarrow (HETP)

طول سینی L
 تعداد plates N

$$HETP = \frac{L}{N}$$



این دو داریم تعداد plates که برای تقطیر ضرورتاً نیاز داریم نشان می‌دهند.
 شرط آنکه دو ضلع را بتوانیم \rightarrow ① متساوی در متساوی در یک ثابت داشته باشد.
 از طریق تقطیر ضرورتاً هر چه کنیم \rightarrow ② بقدری متساوی در یک متساوی در ثابت داشته باشد.

* بیایم بررسی کنیم که بر روی efficiency چسبندگی ① نسبت Condensate

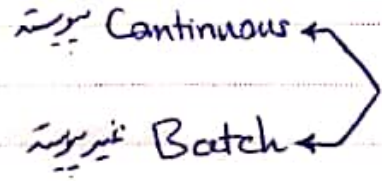
اثر می‌گذارد: Reflux Ratio یعنی از فاز مایع برگردانده شده که به طرف اعلی می‌رود. اگر Reflux Ratio را ما کم کنیم

Reflux Ratio نسبت به دمای رطوبت در واحد زمان، مول‌های محصول (که از بالای ستون گرفته می‌شود)

Reflux Ratio \uparrow خلوص \uparrow محصول \downarrow

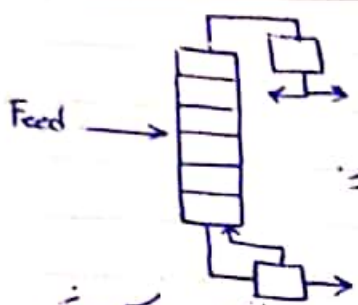
سیمی از مایع آورده که در طرف \rightarrow در لایه در ستون است (Hold up می‌گویند) (معمولاً در بالای ورودی مایع است)
 گذر \rightarrow throughput \rightarrow سرعتی که در آن بخار دره از ستون عبور می‌کند. ما کم کنیم \rightarrow Through Put \rightarrow سرعتی که در تقطیر
 حوی می‌باشد \rightarrow این مایع را بگیرد.

هدف از \rightarrow حقیقتاً اثر از هم جدا می‌شوند / n و α و reflux ratio \rightarrow وابسته سینی / hold up



سیم‌ها که برای تقطیر هستند از نظر عملیاتی، چند دسته تقسیم می‌شوند:

* دو دسته پیوسته برج‌های تقطیر (ستون‌ها) - تعدادی plate داریم
 شکل لایه‌های بعدی

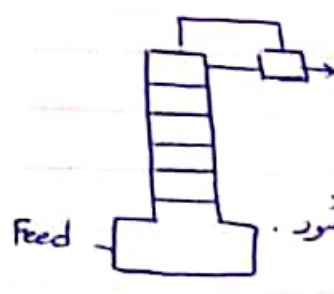


از دو محصول می‌توانیم یکی از بالا که از پایین کم از میان تغذیه می‌شود (Feed)

این دقیقاً کار است که در بالا اشاره کردیم همان صورت می‌گیرد
 قرار نیست محصول خالص بجهد مگر است صورت برش باشد یعنی ^{بلند} چند چند
 سگ ترین محصول در وقت که گازها (بروین - متان - متان)
 این گازهای H_2 می‌توانند لغت مشار کار کنند
 گاز شهری متان حاصل بدن باشد که آن ترکیب گوگرد را اضافه می‌کنند سوخت است اصلاک شود
 این شرایط **Steady state** می‌تواند **ترکیب در هر نقطه ثابت است** و تغییر نمی‌کند

روش Batch (غیر پیوسته) یک مقدار مشخص از مواد وارد می‌شود

استان: شرایط Steady state در آن حاکم نیست زیرا ترکیب در هر فاز با
 مداوم در حال تغییر است



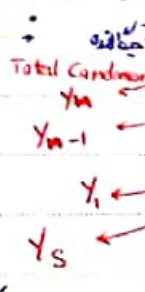
تفاوت شرایط **Steady** کنیم؟ اگر چه **reflux** کنیم، شرایط **Steady** نزدیک می‌شود
 در Scale های این مناسب می‌تواند باشد

با این که ما آن تقطیر می‌کنیم نوعی Batch است

هدف از **distillation پیوسته** شرایط مورد در هر نقطه از ستون و در هر لحظه را با هم و بتوانیم این دانش شرایط
 بکنیم را برای تقطیر شدن کنیم. این در این مربوط می‌شود که ترکیب در α و ... را بدایم

فرض می‌کنیم α ثابت (فراوانی) موضوع و با تغییر غلظت تغییر زیادی می‌کند X_s و Y_s ← mole fraction

$$\frac{Y_s}{1-Y_s} = \alpha \frac{X_s}{1-X_s}$$



$$\frac{Y_1}{1-Y_1} = \alpha \frac{Y_s}{1-Y_s}$$

از این α که با بالا می‌رود و از ... **ماده** **ماده**

$$\frac{Y_1}{1-Y_1} = \alpha \left(\alpha \frac{X_s}{1-X_s} \right) = \alpha^2 \frac{X_s}{1-X_s}$$

$$\frac{Y_2}{1-Y_2} = \alpha \frac{Y_1}{1-Y_1} = \alpha \left(\alpha \frac{Y_s}{1-Y_s} \right) \quad \frac{Y_2}{1-Y_2} = \alpha^3 \frac{X_s}{1-X_s}$$

$$\Rightarrow \frac{Y_n}{1-Y_n} = \alpha^{n+1} \frac{X_s}{1-X_s}$$

fenske equation

total reflux اگر α داده های تعدادی را بدایم و ستون در شرایط باشد n plate فراهم داشت theoretical

مثال فرض کنید دو ماده کلرو بنزن و بنزین را بخواهیم از هم جدا کنیم فشاری آن‌ها 861.5 و 495.8
 BB CB
 torr

چندتا theoretical plate داشته باشیم که بخار حاصل 99.9% مولی CB داشته باشد؟ (وقت شرایط

$$X_s = \frac{50}{100} = 0.5$$

$$Y_n = \frac{99.9}{100} = 0.999$$

total reflux و آنرا فقط به این معنی 50/50 باشد.
CB BB

برای تعیین α از تقسیم دو پارامتر فنزیکین استفاده میکنیم (مشارکتی)

$$\alpha = \frac{861.5}{455.8} = 1.89 \quad \frac{0.999}{1-0.999} = 1.89^{(n+1)} \frac{0.50}{1-0.50} \quad (n+1) \log 1.89 = \log 999$$

$$n = 9.8 \approx 10$$

این سیستم باید 10 Plate داشته باشد.

total reflux کار کنیم همیشه مواهیم راست



Partial Reflux

سختن وقت شرایط آریا بیک کار میکنید (بنا بر گردانید)

Heat-mixing دارد. یعنی مخلوط شدن باعث گرمای شود.

حرارت لازم برای تبخیر هر Plate از طریق انرژی تراکم بخار دهنده حاصل می شود.

از اینجاست ترانسیم
معمولاً با تغییریم

V = تعداد کل مول های که از ستون خارج می شوند

L = مول های رفلکس شده

D = مول های distillate (برون روند)

$$\text{Reflux Ratio } (R_0) = \frac{L}{D}$$

$$V = L + D$$

$$D \cdot X_D = V Y_s - L X_1 \quad \text{مواز است صحت (?)}$$

$$Y_s = \frac{L X_2}{V} + \frac{D X_D}{V} = \frac{L X_2}{L+D} + \frac{D X_D}{L+D}$$

$$Y_1 = \frac{L X_2}{V} + \frac{D X_D}{V} \quad Y_2 = \frac{L X_2}{V} + \frac{D X_D}{V}$$

$$Y_{n-1} = \frac{L X_n}{V} + \frac{D X_D}{V}$$

نسبت $\frac{L}{V}$ = عرض از مبدأ $\frac{D}{V}$

رابطه یوران تعداد theoretical plate ها را یک روش بسیار طولانی دستا آورد

distillate: 99% mole CB

1:1 mole ratio CB, BB

(مثال)

$$\text{reflux ratio: } 0.9 \Rightarrow L=9 \quad V=L+D=9+1=10$$

$$Y_n = X_D = 0.990$$

$$\frac{Y_n}{1-Y_n} = \alpha \frac{X_n}{1-X_n}$$

$$\frac{0.990}{1-0.990} = 1.89 \frac{X_n}{1-X_n}$$

$$X_n = 0.9812$$

$$Y_{n-1} = 0.9(0.9812) + 0.1(0.99) = 0.9821$$

$$\frac{Y_{n-1}}{1-Y_{n-1}} = \alpha \frac{X_{n-1}}{1-X_{n-1}}$$

$$\frac{0.9821}{1-0.9821} = 1.89 \frac{X_{n-1}}{1-X_{n-1}}$$

داریم میگیریم همین ستون:

$$X_{n-1} = 0.966 \quad Y_{n-2} = 0.9(0.966) + 0.1(0.990) = 0.9689$$

$$\frac{Y_{n-2}}{1-Y_{n-2}} = \alpha \frac{X_{n-2}}{1-X_{n-2}}$$

$$\frac{0.9689}{1-0.9689} = 1.89 \frac{X_{n-2}}{1-X_{n-2}}$$

$$X_{n-2} = 0.9428$$

$$Y_{n-3} = 0.9(0.9428) + 0.1(0.990) = 0.9475$$

$$\frac{y_{n-3}}{1-y_{n-3}} = \alpha \frac{x_{n-3}}{1-x_{n-3}} \quad \frac{0.9475}{1-0.9475} = 1.89 \frac{x_{n-3}}{1-x_{n-3}} \quad x_{n-3} = 0.9052$$

$$y_{n-4} = 0.9(0.9052) + 0.1(0.990) = 0.9137 \quad \frac{y_{n-4}}{1-y_{n-4}} = \alpha \frac{x_{n-4}}{1-x_{n-4}} \quad \frac{0.9137}{1-0.9137} = 1.89 \frac{x_{n-4}}{1-x_{n-4}}$$

$$x_{n-4} = 0.8485 \quad y_{n-5} = 0.9(0.8485) + 0.1(0.990) = 0.8626$$

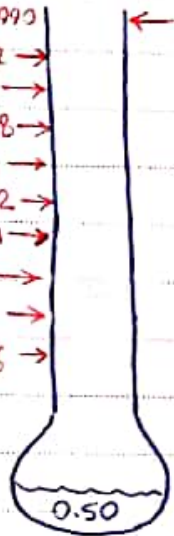
$$\frac{y_{n-5}}{1-y_{n-5}} = \alpha \frac{x_{n-5}}{1-x_{n-5}} \quad \frac{0.8626}{1-0.8626} = 1.89 \frac{x_{n-5}}{1-x_{n-5}} \quad x_{n-5} = 0.7626 \quad y_{n-6} = 0.9(0.7626) + 0.1(0.990)$$

$$y_{n-6} = 0.791$$

$$\frac{y_{n-6}}{1-y_{n-6}} = \alpha \frac{x_{n-6}}{1-x_{n-6}} \quad \dots \quad x_{n-8} = 0.4389 \quad y_{n-9} = 0.4946$$

در اینجا 50/50 مقدار در plate 10 تا 90 در واقع

- $x_D = y_n = 0.990$
- $y_{n-1} = 0.9882$
- $y_{n-2} = 0.969$
- $y_{n-3} = 0.948$
- $y_{n-4} = 0.914$
- $y_{n-5} = 0.862$
- $y_{n-6} = 0.791$
- $y_{n-7} = \dots$
- $y_{n-8} = \dots$
- $y_{n-9} = 0.4946$



$\Delta b(p.c)$	Number of plates
15-20	10
8-12	25
5-10	45
3-5	80
2	150

هر چه نقطه جوش مایه‌ها هم نزدیکتر باشد تعداد plate های مورد نیاز بیشتر می‌شود
هر چه اختلاف کمتری، رافتر و plate هم کمتر

* Liquid-liquid Extraction (LLE)

استخراج مایع - مایع
بازو دماس که مایعات استخراج در شیمی است. / دو فاز غیر قابل استخراج / ماده مورد تقوین این دو فاز توزیع می‌شود / استخراج فراخند تقوین است که مواد آن توزیع گسترش یک ماده در دو فاز غیر قابل استخراج است / distribution توزیع / Partition تقسیم / قانون گیبس: $F = C - P + 2$ در اینجا $F = 3 - 2 + 2 = 3$ فشار و دما را می‌توانیم تعیین ثابت است بنا بر این یک متغیر می‌توانیم بگویم ترکیب درجه

$\frac{C_{1,I}}{C_{1,II}} = K$ Distribution Constant نسبت غلظت در دو فاز ثابت است K بیشتر باشد

یعنی غلظت کوی در فاز I، بیشتر است این است که مایه یک سیستم ایروان است و فرودش از فرایند تروری و مایه می‌سوی می‌کند

$$dG = \left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_{P, n_1, n_2, \dots} dT + \left(\frac{\partial G}{\partial P}\right)_{T, n_1, n_2, \dots} dP + \left(\frac{\partial G}{\partial n_1}\right)_{P, T, n_2, n_3, \dots} dn_1 + \left(\frac{\partial G}{\partial n_2}\right)_{P, T, n_1, n_3, \dots} dn_2 + \dots$$

$\left(\frac{\partial G}{\partial n_1}\right)_{P, T, n_2, n_3, \dots} = \text{Partial Molar Energy} = \mu_1 =$ (تعبیر آن انرژی آزاد است ترکیب دهد) یا شیب شیمیایی

$$\Rightarrow dG = \left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_{P, n_1, n_2, \dots} dT + \left(\frac{\partial G}{\partial P}\right)_{T, n_1, n_2, \dots} dP + \mu_1 dn_1 + \mu_2 dn_2 + \dots$$

در فشار و دمای ثابت: $dG = \mu_1 dn_1 + \mu_2 dn_2 + \dots$

از نظر ترمودینامیک سیستم بسته است یعنی تعداد مول ها تغییر نمی‌کند فقط با دما یا فشار است یا دما را می‌کند

در فشار: $dG = 0 \quad \mu_1 dn_1 + \mu_2 dn_2 = 0 \Rightarrow \sum \mu_i dn_i = 0 \quad -\mu_{1,I} dn_1 + \mu_{1,II} dn_1 = 0$

$$\Rightarrow \mu_{1,I} = \mu_{1,II}$$

$$\mu = \mu^{\circ} + RT \ln(a)$$

در غلظت های کمتر $a \approx c$
غلظت ها کمتر برابری

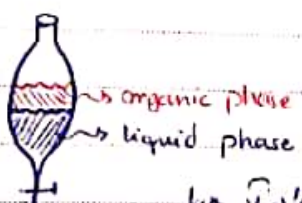
dn_1 در فاز I و II برابر است

$$\mu_{1,I} = \mu_{1,II}$$

$$\mu_{1,I} = \mu_{1,I}^0 + RT \ln a_{1,I} \quad \mu_{1,II} = \mu_{1,II}^0 + RT \ln a_{1,II} \quad \mu_{1,I} + RT \ln a_{1,I} = \mu_{1,II} + RT \ln a_{1,II}$$

$$\frac{\ln a_{1,I}}{\ln a_{1,II}} = \frac{\mu_{1,I}^0 - \mu_{1,II}^0}{RT} \quad \frac{a_{1,I}}{a_{1,II}} = \exp\left(\frac{-\Delta\mu^0}{RT}\right) = K_D$$

از نظر ترمودینامیکی ثابت کردم که ثابت است. K_D $\frac{C_{I,I}}{C_{I,II}} = Cte$ $\frac{C_{I,I}}{C_{I,II}}$ $\frac{C_{I,I}}{C_{I,II}}$ $\frac{C_{I,I}}{C_{I,II}}$ $\frac{C_{I,I}}{C_{I,II}}$



برای استخراج از نظر عملی به چه چیزهایی احتیاج داریم؟
هر چه متوسط Sharp تر باشد یعنی دوزها از هم کمتر جدا شده اند.

اگر این دوزها از هم جدا شوند یعنی توان تقطیر هم ایضم داد.
چون تمایز / علاوه بر اینکه دوزها از هم جدا می شوند می توان تقطیر هم ایضم داد.

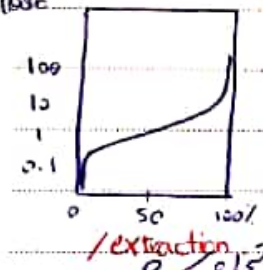
$$R\% = \frac{q_{org}}{q_{org} + q_{aq}} \times 100$$

برای اینکه $\frac{mol}{L}$ شود

$$C_{org} = \frac{q_{org}}{V_{org}} \times 1000 \left(\frac{mol}{L}\right) \quad C_{aq} = \frac{q_{aq}}{V_{aq}} \times 1000 \left(\frac{mol}{L}\right)$$

$$R\% = \frac{C_{org} V_{org}}{C_{org} V_{org} + C_{aq} V_{aq}} \times 100 \quad R\% = \frac{1}{1 + \frac{C_{aq} V_{aq}}{C_{org} V_{org}}} \times 100 = \frac{1}{1 + \frac{V_{aq}/V_{org}}{K}} \times 100$$

$$R\% = \frac{K}{K + V_{aq}/V_{org}} \times 100 = \frac{100K V_{org}}{K V_{org} + V_{aq}} \quad R\% = \frac{K V_{org}}{K V_{org} + V_{aq}} \times 100$$



$K=100$ استخراج کامل (در واقع هیچ وقت استخراج کامل نداریم). $\uparrow K$ \uparrow راندمان

سر رانده استخراج با K و درصد هم کار رابطه دارد.

هدف: استخراج گوی از فاز آبی آلی

ثابت داریم که چند بار ایضم در آن می چند تا برون یک حجمی رانده را بالا ببری بردماند یک حجم زیاد را یک بار ایضم می کنیم

q_1 غلظت حل شونده q_2 این که در فاز آبی باقی می ماند q_3 وارد فاز آبی می شود

$$K = \frac{(q - q_1) / V_{org}}{q_1 / V_{aq}} = \frac{(q - q_1) V_{aq}}{q_1 V_{org}}$$

$$q_1 = q \frac{V_{aq}}{K V_{org} + V_{aq}} \quad q_2 = q_1 \frac{V_{aq}}{K V_{org} + V_{aq}} = q \left(\frac{V_{aq}}{K V_{org} + V_{aq}}\right)^2$$

در باره استخراج q_2 اولی که ماند می شود

$$q_n = q \left(\frac{V_{aq}}{K V_{org} + V_{aq}}\right)^n$$

① یکبار استخراج می کنیم
② هم برای مساوی در نظر می گیریم

هم بود وقت می کشیم و استخراج می کنیم

$$q \frac{V_{aq}}{2K V_{org} + V_{aq}} \quad q \left(\frac{V_{aq}}{K V_{org} + V_{aq}}\right)^2$$

یکبار با $2V_{aq}$ یکبار می کشیم و در هر دو بار کار می کنیم

صلا حجم یکسان استوار می کنیم:

$$V_{org} = V_{aq}$$

$$\frac{1}{2K V_{ng}/V_{aq} + V_{ng}/V_{aq}} \quad ? \quad \left(\frac{1}{K V_{ng}/V_{aq} + V_{ng}/V_{aq}} \right)^2$$

$$\frac{1}{2K+1} \rightarrow \frac{1}{(K+1)^2}$$

$$\alpha = \frac{K_1}{K_2}$$

$$R_1 = \frac{100K}{K+1}$$

کسر سمت چپ بزرگتر است.

کسر سمت راست دو یا سه بار استخراج را انجام دهیم.

ارزشت هم را بدانیم: $R_1 = \frac{100K}{K+1}$ $K=1$ $R_1 = 50$

مثال) فرض کنید که از 100 گرمی که ضریب توزیعش 1 است برای فراهم $K=1$ استخراج کنیم (با یکبار استخراج) 0.19 میماند.

$$q_1 = q \left(\frac{V_{aq}/K V_{ng} + V_{aq}}{V_{ng} + V_{aq}} \right) \quad 0.19 = q \left(\frac{V_{aq}/V_{ng} + V_{aq}}{V_{ng} + V_{aq}} \right)$$

$$0.1 = \frac{V_{aq}}{V_{ng} + V_{aq}} \quad V_{ng} = 9 V_{aq}$$

$$q_1 = q \left[\frac{V_{aq}/V_{ng} + V_{aq}}{V_{ng} + V_{aq}} \right]^n \quad \frac{0.19}{q} = \left[\frac{V_{aq}}{V_{ng} + V_{aq}} \right]^n$$

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{1+1}$$

باید بار استخراج را برای این مقدار از هم دهیم؟

$$\log 0.1 = n \log 0.5$$

$$n = 3.3 \rightarrow \text{بار از هم دهیم}$$

(بسیار عدد بالاتر می رود.)

هر چه قدر کمتر کنیم، هم کمتر می توانیم استخراج کنیم.

عبء استخراج مانع مانع: حلل آبی زیاد (گران در این عطر است مناسبیت.)

Chromatography

فلوئید از آب و کفلی عبور دارد. T_{swette} کج LC (تاریک) GC (تاریک)

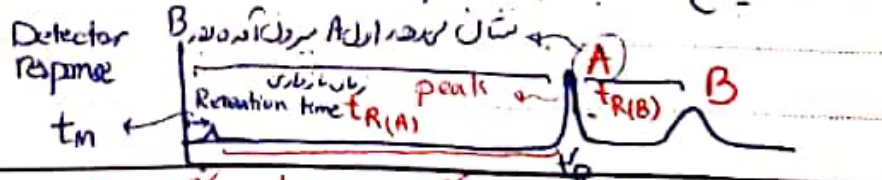
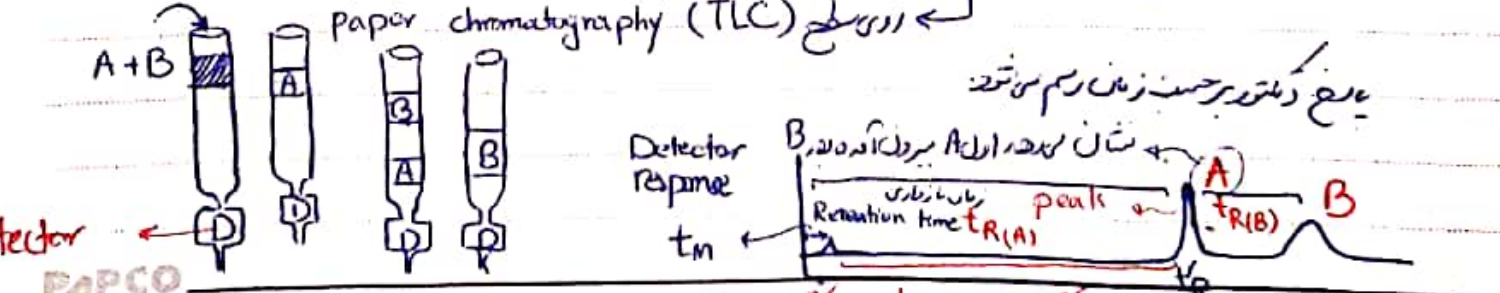
ادایه کردن سیستم / آماج T_{swette} کج LC (تاریک) GC (تاریک)

سیستم کروماتوگرافی از تقویم ظاهر فوق العاده پیچیده و دقیق هستند / سیستمی در یک است. GC (فاز مایع / فاز جامد) GC (فاز مایع / فاز جامد) GC (فاز مایع / فاز جامد) GC (فاز مایع / فاز جامد)

GSC (gas solid chromatography)

	mobile phase	stationary phase	تعلقات Eq
GC	GSC	Solid	absorption
	GLC	liquid	partition (تقسیم)
LC	LSC	Solid	absorption
	LLC	liquid	partition

فاز جامد / مایع ثابت کنیم. در داخل ستون column chromatography (کروماتوگرافی ستونی)



کروماتوگرام (* طیف می گویم.)

B در زمان کوتاه تر شده

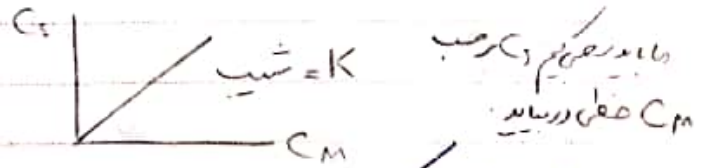
K نسبت K' و K

غلظت آنالیت در فاز ثابت C_s
 غلظت آنالیت در فاز مایع C_m
 $K = \frac{C_s}{C_m}$

$K_B > K_A$

هر چه درشتتر حجم از نظر غلظت بیشتر
 به شرایط را ایجاد کنیم برای اجزاء مختلف K ها در فکتر داشته باشیم

- Frontal
- Elution
- Displacement



⊕ پارامترهای ترمودینامیکی

t_R (retention): زمان از ورودی (گمداری) مدت زمان رسیدن آنالیت به آشکارساز از ورودی طول ترز

$\bar{v} = \frac{L}{t_R}$

سرعت متوسط برای حرکت حل شونده

$u = \frac{L}{t_m}$

سرعت خطی فاز متحرک $u_{unretained}$

* t_m یک بیگ بیگ است. مدت زمان رسیدن آنالیت به آشکارساز در صورتی که آنالیت در فاز مایع بماند (بدون جذب به فاز جامد) t_m باید کوچکترین باشد

کسی از زمان که آنالیت در فاز متحرک است $\bar{v} = u \left(\frac{C_m V_m}{C_m V_m + C_s V_s} \right)$ *dead time*
 هر چه از زمان که آنالیت در فاز جامد بماند بیشتر $\bar{v} = u \left(\frac{1}{1 + \frac{C_s V_s}{C_m V_m}} \right)$
 $\bar{v} = u \left(\frac{1}{1 + k' \frac{V_s}{V_m}} \right)$ $\uparrow t_R$ \downarrow سرعت $\uparrow K$

* Capacity factor, k' (کوچک) $\bar{v} = u \left(\frac{1}{1+k'} \right)$ $\uparrow k' \uparrow K$

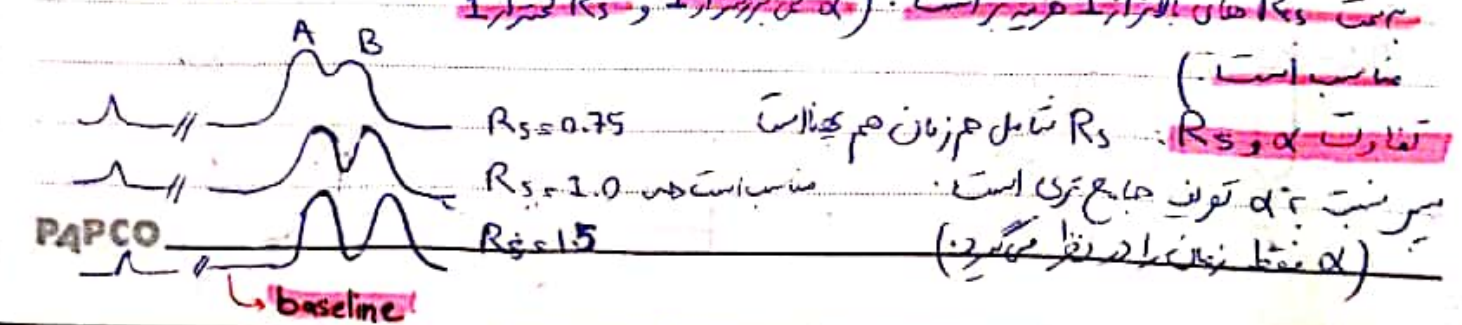
$k' = \frac{n_s}{n_m}$ $k' = \frac{C_s V_s}{C_m V_m} = K \frac{V_s}{V_m}$
 $\frac{L}{t_R} = \frac{L}{t_m} \left(\frac{1}{1+k'} \right) \Rightarrow k' = \frac{t_R - t_m}{t_m} = \frac{t'_R}{t_m}$

* k' عددی است بین 1 تا 5. کبر است از

* selectivity factor (α) (درجه جداسازی یا نشان می دهد) $\alpha = \frac{k'_B}{k'_A}$ $\alpha \gg 1$
 نشان می دهد که این بیگ ها از هم جدا می شوند یا نه
 برای دو بیگ که از هم تفکیک می شوند $\alpha > 1$ نوع نشان می دهد که سیستم گروماتوگراف مناسبتی را می تواند دارد که اجزاء را از هم جدا کند. $\alpha = 1$ یعنی بیگ ها در هم می آمیختند و جدا سازی انجام نمی شود

* column Resolution (R_s)

$R_s = \frac{\Delta Z}{\frac{W_A}{2} + \frac{W_B}{2}}$ $R_s = \frac{2 \Delta Z}{W_A + W_B} = \frac{2 [t_{R(B)} - t_{R(A)}]}{W_A + W_B}$
 Resolution: مدت جداسازی
 R_s برای دو بیگ مجاور تعیین می شود / W پهنای بیگ ها / ΔZ اختلاف در پیک



از دو است و اهمیت این دو تفاوت دارد
 این یک ها یک طرفه

R_s طول یک فاز ساکن با افزایش طول ستون، افزایش می یابد.
 یک A از یک B همیشه بزرگتر باشد (بزرگتر کند در درجه یک بیشتر است)
 هر چه در آن بیشتر باشد طیف فرکانس ها در آن بیشتر شود
 * کرد و متوجه شدیم هم theoretical plate در تعداد آن را با N نشان می دهند

$W_A = W_B \rightarrow R_s = \frac{t_{R_B} - t_{R_A}}{W}$

$N = 16 \left(\frac{t_R}{W} \right)^2$

$L = N \cdot H$



در ارتفاع معادل یک ستون است (در این رابطه یکبار را اینجا بفرستیم)
 در اینجا بخته است نه ارتفاع را بگیریم اگر جای دیگر بگیریم فریب N نصیب می کند

$N = 5.54 \left(\frac{t_R}{W} \right)^2$ یکبار در اینجا ارتفاع
 $N = 16 \left(\frac{t_R}{W} \right)^2$ یکبار در آنجا



مثلاً 200,000 theoretical plate می توانیم از اجزاء با ایزومر جدا کرد. (همین ستون ساخته شده)

↑ Resolution (قدرت تفکیک) ↑ N
 (بزرگتر که یکبار زیاد در Resolution را با این متن همراه بود)

$R_s = \frac{t_{R_B} - t_{R_A}}{t_{R_B}} \times \frac{\sqrt{N}}{4}$

(سبب R_s و \sqrt{N} در ارتباط است)

$R_s = \frac{k_B - k_A}{1 + k_B} \times \frac{\sqrt{N}}{4}$ $R_s = \frac{\sqrt{N}}{4} \left(\frac{\alpha - 1}{\alpha} \right) \left(\frac{k_B}{1 + k_B} \right)$

$\bar{V} = \frac{L}{t_{R_B}}$ $\bar{V} = u \times \frac{1}{1 + K}$ $K = \frac{t_R - t_m}{t_m} = \frac{t_R}{t_m} - 1$ $N = L/H$

$t_{R_B} = NH \left(\frac{1 + K_B}{u} \right)$ $t_{R_B} = \frac{16 R_s^2 H}{u} \left(\frac{\alpha}{\alpha - 1} \right)^2 \frac{(1 + K_B)^2}{k_B}$

↑ u (سرعت خطی فاز متحرک)
 ↑ R_s (قدرت تفکیک)

مثال: فرض A و B در 30cm ستون L. $t_{R_A} = 16.40 \text{ min}$ ، $t_{R_B} = 17.63 \text{ min}$

(M) که نمونه با ظرفیت شده در زمین (مثل گاز ستان) : $t_m = 1.30 \text{ min}$ (باید کوچکتر از t_R برای A و B شود)

انف و بزرگترین theoretical plates $R_s = ?$ ؟ $N_A = ?$ $N_B = ?$

$W_A = 1.11 \text{ min}$ ، $W_B = 1.21 \text{ min}$ $R_s = \frac{2(17.63 - 16.40)}{1.11 + 1.21} = 1.06$ $N_A = 16 \left(\frac{16.40}{1.11} \right)^2 = 3493$

$N_B = 16 \left(\frac{17.63}{1.21} \right)^2 = 3397$ $N_{av} = \frac{3397 + 3493}{2} = 3445$
 (ب) ارتفاع معادل را با دست آورید.

$H = \frac{L}{N} = \frac{30}{3445} = 8.7 \times 10^{-3} \text{ cm}$

(ج) طول ستون را با دست آورید که $R_s = 1.5$ شود

$R_{s1}/R_{s2} = \frac{\sqrt{N_1}}{\sqrt{N_2}}$ $\frac{1.06}{1.5} = \frac{\sqrt{3445}}{\sqrt{N_2}}$ $N_2 = 6.9 \times 10^3$

$L = NH = 6.9 \times 10^3 \times 8.7 \times 10^{-3} = 60 \text{ cm}$

↑ K و α از آنجا که تغییر می داند بزرگتر

همان طرز که در دست آورده بود برای R_s بیشتر از 1 طول ستون عملی تغییر ندهد (هر چه بزرگتر)

$$\frac{t_{R1}}{t_{R2}} = \frac{(R_{S1})^2}{(R_{S2})^2} \quad \frac{17.63}{t_{R2}} = \frac{(1.06)^2}{(1.5)^2}$$

$$t_{R2} = 35 \text{ min}$$

ه) لازم برای آنکه R_s در ستون اولی برابر 1.5 باشد (اینکه حجم است t_{RB} و R_s است)

$$\frac{t_{RB}}{t_{RB}} = \frac{(R_{S1})^2}{(R_{S2})^2} \times \frac{H_1}{H_2}$$

$$H_2 = H_1 \frac{(R_{S1})^2}{(R_{S2})^2} \quad H_2 = 8.7 \times 10^{-3} \times \frac{(1.06)^2}{(1.5)^2} \quad H_2 = 4.3 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

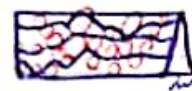


⊗ پارامترهای سینتیک

یک های ورودی در میانه ماربل و لوله و توی هم رفته هستند و اگر زمان در نیمه تا آنکه کمترین می شود پس از هم جدا هستند (کثیر جدا سازی می کنند)
 هر یک ها را از زمان های تری می شود؟ چه وقت طولی از تویک
 در تمام حالت یک سینتیک تری (H) چه که کم باشد.

Van Deemter: $H = A + \frac{B}{u} + Cu$ (Eddy diffusion) \leftarrow (longitudinal diffusion)

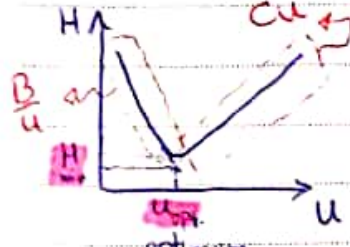
اینکه تری H اثر می کند از سه پارامتر A و B و C هستند / A: تعدادی و $\frac{B}{u}$: نفوذ طولی و Cu : مقاومت در برابر انتقال هم (Mass transfer Resistance) یا تری های
 از دو پارامتر تریک
 multiple path
 نفوذ اری (گراپی): اگر ستون داشته ایم که packing matter خاص دارد (نازک است) تریک این
 دارد که نازک تریک از هم سینتیک می کنند. طول های مسیر متفاوت چون ذراتی که در این تویک هستند
 یک تفاوت بر شده اند. همه کار کنیم این طوری شود؟ در زمان اندازه گیری های گسترده خاصی که امکان دارد
 ذرات در تریک افت فشار صورت می گیرد، سول راحت حرکت می کند. پس این سول کوچک می شود و در
 A کوچک باشد، بهتر است.



نفوذ طولی: فاز تریک و تریک Plug هر چه از بیشتر غلظت، کم تریک می شود و Plug
 و از آنکه سرعت نفوذ تریک کند می شود (یا به تریک یا تریک کمتر است) u زیاد شود زمان کمتر برای
 در اولی سول و اندازن و توزیع ذرات تا تریک تریک
 در این تریک سرعت خطی فاز تریک تا تریک تریک است.

✓ مقاومت در برابر انتقال هم (C_s, C_m)
 $Cu = C_s u L_s + C_m u L_m$
 فاز تریک
 فاز تریک
 فاز تریک

تلاش کنیم از فاز تریک بیرون، دارد نازک است، می شود، از نازک است خارج می شود، دوباره دارد فاز تریک می شود
 این ها زمان می برد. u زمان کوتاه تری برای انتقال هم بین دو فاز صورت می گیرد.
 u زیاد در این تریک نیست. این تریک می شود.



$L = N H$
 $H = \frac{L}{N}$
 $F = \pi r^2 u$
 $L \rightarrow$ Flow rate

PAPCO $\frac{\partial H}{\partial u} = 0 \rightarrow u_{opt} = \sqrt{\frac{B}{C}}$
 Packed برای ستون های $F = 25 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$
 $F_{HAC} = 1 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$
 $F_s = 1 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$

$A = 2\lambda dP$ 2λ ثابت است dP قطر ذرات $A \downarrow dP \downarrow$ (مختبر است)
 $\frac{B}{u} = \frac{2K_D D_m}{u}$ K_D ثابت / D_m ثابت عدد حل تونده در فاز متحرک
 B/u مقدار طول فاز متحرک است

$C_s u = \frac{q K' d_p^2 u}{(1+K') D_s}$ D_s ثابت عدد حل تونده در فاز ساکن / K' فاکتور ظرفیت (کاپیلر است)
 q ثابت d_p^2 ضخامت لایه نازک بودن فاز ساکن

$C_m u = \frac{f(d_p^2, d_c^2, u)}{D_m} u$ f_{lm} لایه نازک کسوفی چیزی قرار میگیرد
 d_c^2 قطر ستون (ضد منافذ)
 d_p قطر ذرات پرکننده فاز ساکن
 بر عوامل تدریجی اعتنا همین شدن باید ظاهر شود.

GC (Gas Chromatography)

فاز متحرک ← گاز فاز ساکن ← مایع
 مایع فاز ساکن باید حدت سطحی
 Partition: مایع
 کاربردهای تدریجی دارد. \Rightarrow GC \Rightarrow GLC
 بیشتر این GC مایع میسریم.

اولین GC ← 1941

Retention Volume (مهم‌های از یاد) ترکیب‌پذیری دارد میسریم فاز ساکن و مایع

$V_R = t_R \cdot F$ $V_M = t_M \cdot F$
 $F = F_m \times \frac{T_c}{T} \times \frac{(P - P_{H_2O})}{P}$ T_c (تایم تون) $P \rightarrow$ فشار

$V_R = J \cdot t_R \cdot F$ $V_M = J \cdot t_M \cdot F$ J فشار تدریجی و حدودی که از ستون عبور می‌کند مربوط می‌شود
 $J = \frac{3[(P_i/P)^2 - 1]}{2[(P_i/P)^3 - 1]}$ P_i درونی P فردی

Specific retention volume $v_g = \frac{V_R - V_M}{W} \times \frac{273}{T_c} = \frac{J \cdot F \cdot (t_R - t_M)}{W} \times \frac{273}{T_c}$

$k' = \frac{t_R}{t_M}$ $v_g = \frac{J \cdot F \cdot t_M \cdot k'}{W} \times \frac{273}{T_c} = \frac{v_M k'}{W} \times \frac{273}{T_c}$

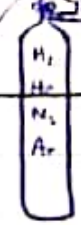
$k' = K \frac{V_s}{V_m}$ $v_g = \frac{K V_s}{W} \times \frac{273}{T_c}$ $v_g = \frac{K}{P_s} \times \frac{273}{T_c}$

T_c دست خرد نیست و میزان رطوبت در ستون دارد $v_g \uparrow$ \uparrow لاستیک فاز ساکن

در GC بر خلاف LC فاز متحرک هیچ گرم‌کنی آنالیت ندارد و تنها نقش حمل کردن آن را در ستون برعهده دارد

Subject: _____
 Year: _____ Month: _____ Date: _____

گازی که در فشار کم باشد از این میزبان ...
 H₂, He, N₂, Ar, He, H₂ ...
 H₂ خطرناک و انفجاری است ...
 N₂ بی خطر است ...

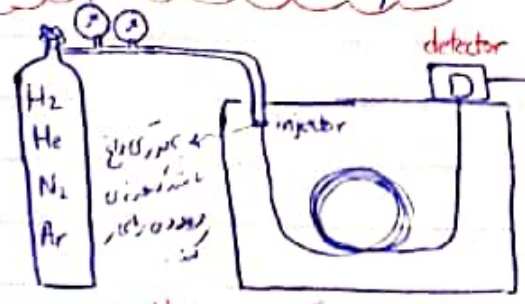


Instrumentation (GC)

1) Carrier gas supply

(Pressure + Flow controller)

2) Sample Injection system

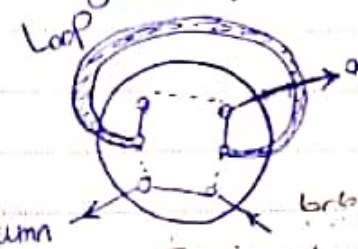


درست‌ترین قطب بزرگ است که ...
 N₂, He گاز 9-4 باشد یعنی ...
 GC chromatogram

مقدار تزریق ...
 100-200 ml ...
 ...

Carrier gas supply

این مقدار تزریق است / ...
 Injector و تحمل غرض است و یک heater دارد و ...
 Sampling Valve / ...



این مقدار تزریق است / ...
 اگر چه در تبخیر ...
 ...

تفصیل:

total reflux ← (Fenske) معادله فنسک

$$\frac{y_n}{1-y_n} = \alpha^{n+1} \frac{x_s}{1-x_s}$$

$$\log \alpha = 8.9 \frac{T_B - T_A}{T_B + T_A}$$

$$\log \frac{P_1/P_2}{P_1/P_2} = \frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T} \right)$$

مثال: کلروبنزن و بروبنزن در دمای نقطه جوش 131°C و 156°C هستند. ...
 99.9٪ از کلروبنزن در بالای ستون تقطیر حیدر است؟

خلوط 50-50 در باشد)

$$\log \alpha = 8.9 \frac{429 - 404}{429 + 404} \rightarrow \alpha = 1.85$$

$$\frac{0.999}{1 - 0.999} = (1.85)^{n+1} \frac{0.5}{1 - 0.5}$$

$$1000 = (1.85)^{n+1}$$

$$3 = (n+1) \log 1.85$$

$$3 = (n+1) 0.27$$

$$n+1 = 11 \quad (n=10)$$

۱۳۳۱ اسکرپ (دانشگاه) و در امتحان ۲ فصل ۲۷ ← GC قضا سوالات حل شود

Subject: _____
Year: _____ Month: _____ Date: _____

۱۳۳۲ فصل ۲۲ هر دو در امتحان Δ (نمونه‌های استخراجی) ← یک نگاه بیدارم

فصل (مطلوب است) فاصله فشار بخار مخلوطی از بنزن و تولوئن با مشخصات ذیل

بنزن $M_w = 78.1 \text{ g.mol}^{-1}$, $d = 0.878 \text{ g.ml}^{-1}$, $P^\circ = 86 \text{ torr @ } 25^\circ \text{C}$

تولوئن $M_w = 92.1 \text{ g.mol}^{-1}$, $d = 0.866 \text{ g.ml}^{-1}$, $P^\circ = 32 \text{ torr @ } 25^\circ \text{C}$

قانون راولی و قانون دالتون را یاد کنیم
 $P_{total} = P_A + P_B + \dots$ قانون دالتون
 $P_A = X_A P_A^\circ$ قانون راولی

$\text{mol B} = 15 \text{ ml} \times \frac{0.878 \text{ g}}{1 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ mol}}{78.1 \text{ g}} = 0.168 \text{ mol}$ $X_B = \frac{0.168}{0.168 + 0.235} = 0.42$

$\text{mol T} = 25 \text{ ml} \times \frac{0.866 \text{ g}}{1 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ mol}}{92.1 \text{ g}} = 0.235 \text{ mol}$ $X_T = 0.58$

$P_B = 0.42 \times 86 = 36$ $\rightarrow P_{total} = 54.5 \text{ torr}$

$P_T = 0.58 \times 32 = 18.5$

انتخاب
 در جداسازی یک مخلوط از مواد قطبی نزدیک به هم (مانند) روی آلومینا یا زئولیت بازاری مواد دارد
 $H = A + B/u + Cu$ H : پهنای پیک برمی گردد

* عرض زئولیتها مانگار خاص کار می کنند بر رطوبت روی توری که انتخاب می کنیم تأثیر می گذارد

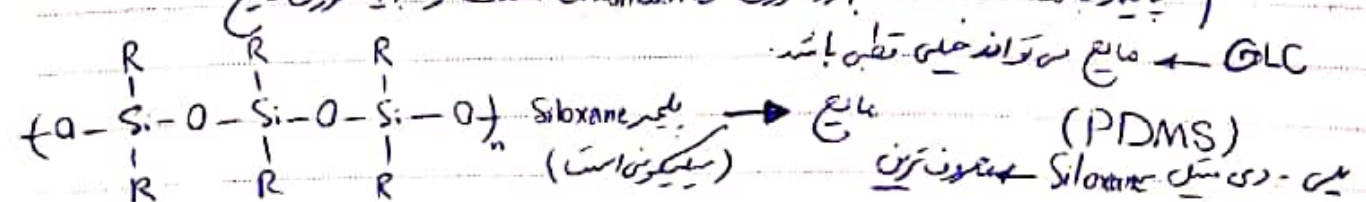
3) Column (ستون)
 packed \rightarrow پر شده
 Open Tubular \rightarrow لوله‌ای باز (Capillary) \rightarrow موئینه

packed ها طول زیادی ندارند / بیشتر از جنس فلز ساخته می شود که تشکیل / قطر بزرگ / طول کوچک / در داخل آن پودرهای جامد بر می کنیم (سیلیکا و آلومینا) \rightarrow GSC برای آنالیز مواد غیر قطبی \rightarrow گازها CO_2 , H_2S , O_2 و اگر قطبناشده در جاهای خاص فاز ساکن گیر می کنند

گازهای دائمی (معدنی) چون همیشه گاز هستند O_2 , N_2 , H_2S , CO_2 , $(\text{NO})_x$, CO

packed $\left\{ \begin{array}{l} \text{solid} \rightarrow \text{GSC} \\ \text{liquid} \rightarrow \text{GLC} \end{array} \right.$
 تنوع مایع فیلد بیشتر است / مایعات حالت حلال دارند و می توانند مواد را حل کنند
 این مایعات آغز بر می خورد بیشتر از 400 نوع مایع برای GSC استفاده شده ... مایع بارون جامدی می نشاندند
 در ستون بر می کنند $\downarrow dp$ این dp باید بزرگ باشد

مخلوط مایعات و شیمیایی و حرارتی بالا $\left\{ \begin{array}{l} \text{متصل} \\ \text{مسافت طبع بالا} \\ \text{صاف و هموار باشد} \end{array} \right.$
 در کنار های $\left\{ \begin{array}{l} \text{Solid Support} \\ \text{Chromosorb W} \end{array} \right.$
 کتر خاص با اسید می خورد و آسید می کنند \rightarrow Solid Support
 99٪ وزن Chromosorb است و 1٪ وزن مایع
 پایه را باشد



Elution Order (ترتیب خروج)

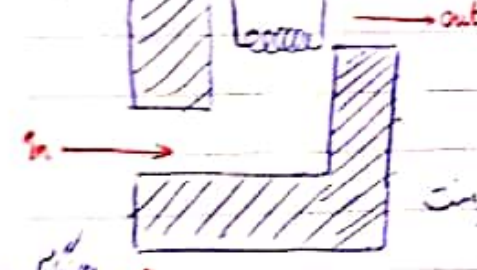
متریب دور و سفید شوهر
 طول لوله ای از 15m طول / قطر درجه 0.5 / قطر لوله ای از 0.5
 قطر لوله ای از 1mm / قطر لوله ای از 0.5mm / قطر لوله ای از 0.1mm
 قطر لوله ای از 0.5mm / قطر لوله ای از 0.1mm
 قطر لوله ای از 0.5mm / قطر لوله ای از 0.1mm
 قطر لوله ای از 0.5mm / قطر لوله ای از 0.1mm

detectors

در GC آشکار سازهای حساس در...
 در GC دکتور خفونی یا حساس...
 دکتورهای (کافیتی) ۱، ۲، یا ۳...
 Response...
 ۱۰ دکتورهای...
 ۱۱ دکتورهای...
 ۱۲ دکتورهای...
 ۱۳ دکتورهای...
 ۱۴ دکتورهای...
 ۱۵ دکتورهای...
 ۱۶ دکتورهای...
 ۱۷ دکتورهای...
 ۱۸ دکتورهای...
 ۱۹ دکتورهای...
 ۲۰ دکتورهای...

Universal Detectors:

Thermal Conductivity Detector (TCD)
 آشکار ساز زوایش (هدایت حرارتی)
 برای اس هدایت گرمایی کار می کند / دکتورهای زیاده باده های مختلف کار می کنند / وجود دارد /
 اس کار کار / یک میلائنت گرم / اسم بدایروله (عین) باشد
 حقا اول کار باده بعد میلائنت روشن شود / این میلائنت گرمای دکتور /
 را از هم می کند و خود دکتور ترموستات دارد
 وقتی میلائنت را خارج است گرمای خود را / اطراف منتقل می کند و یک حلال
 می رسد و وقتی کار باده وارد می شود این (تخلخل) را هم می بیند و باعث می شود میلائنت
 سخت تر باریا کمتر شود / هدایت گرمایی کمتر از آن هم دهد (پیل رستون)
 Heater → بدین راداع می کند (برای آنکه فاز کاری داند) $\frac{r_1}{r_2} = \frac{r_3}{r_4}$
 میلائنت → کار راداع می کند و مدار بیل را هم می بیند تا سفید مشاهده شود.



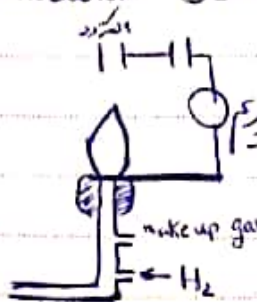
گاز حامل پتیمادی... He یا N₂ ...
 هر چه دکتور باده هدایت بیشتر / هدایت
 این دکتور ۲ چه چیزی پاسخ می دهد (مثلا CO₂ ، آکس ها ، چار کارها و...)
 اشکال خلی حساس است (درجه درصد است) / از آشکار سازهای عمومی است
 هدایت باده ان دکتور برای آشکار سازها دانه است

H ₂	41.6
He	34.8
N ₂	5.81
CH ₄	7.21

سرعت جریان گاز حامل تغییر کند ، پاسخ تغییر می کند / این دکتورها دکتورهای خلی هستند (Bulk Property) منظور هدایت است در ضمن خطا کم دارد و برای عبور می کند می باشد

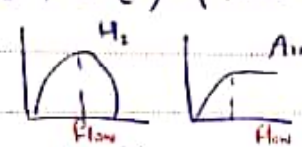
سرعت جریان گاز حامل تغییر کند ، پاسخ تغییر می کند / این دکتورها دکتورهای خلی هستند (Bulk Property) منظور هدایت است در ضمن خطا کم دارد و برای عبور می کند می باشد

*** Flame Ionization Detector (FID)**



رنگ Flame (سماق) داریم در زمان روشن شدن آمان میماند / یک سیگنال منفی میفرستد
 همه یون با هوا می تواند H₂ مقدار زیادی گرفت میزند. شیشه شلخت با شیشه بگرم
 قطرات آب در آن ایجاد می شود و این یعنی شعله روشن شده است.
 چون مواد آلی است و در شعله میسوزند و کاتیون یا آنیون ها به محض کافت می آید
 میروند و به همراه آن ایجاد می کنند.

تعداد آن TCD (مخرب است) با استفاده از داروغه یا کلا (می سوزاند) / گازهای دائمی و بعضی detect می کند.
 bulk property نیست (عظمت نیست) همین است / بنابراین flow کم و زیاد روی آن تأثیری ندارد.
 FID base line خرابی دارد. حساسیت 10^{-13} دارد.
 FID (حساس است) / پاسخ خطی (مخبر از TCD) / Naive / دارد. $\frac{S}{N}$ خیلی بالاست.
 Flow محدودیت باقی میماند (کمترین هوا) Air

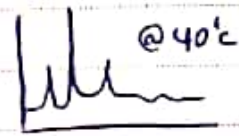


بقیه رکتورها گزینش هستند (روای قبل Universal بود)

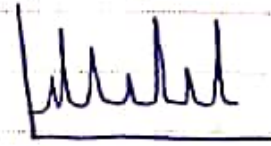
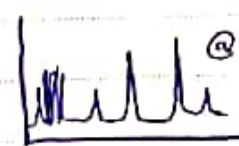
*** Selective Detectors**

ترکیبات آلی میسوزند و منفرد (AFID)

- * NPD (نوی FID است که به نیتروژن و فسفر پاسخ می دهد و شعله شعله های درکتور است)
- * FPD (فسفردار و گوگرد را خوب پاسخ می دهد)
- * ECD (دکتور الکترون گیر انداز) : هالوژن ها، سولفور ها، سافت های غیر اشباع، پرکسید ها و گروه های نیترو پاسخ می دهند / هر چه به طور کلی بیشتر در آنها / نسبت به آلی ها / اکس ها و هیدروکربن ها غیر حساس / همین ثابت ای کار می کند (برای آنالیز کیفی) (برای کم رمانوگرافی) / نیتروژن / فسفر / استر / اتر / هالوژن / درکتور و مانوگراف می شود
- درجه حرارت ستون : آلی ها که نقطه جوش کمی دارند خوب جدا می شوند / ولی بقیه که سبکی ها جدا نشده اند / ما را با مالای بریم / این شعله میزند



این دترمینال ← در طول جداسازی دمای ستون ثابت ماند.
 راه حل بنامین این است که درجه حرارت اینها کم باشد و پس کمی بیشتر شود



40-180°C @ 10°C/min
 temperature programming

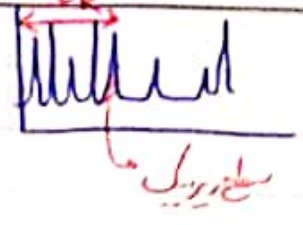
*** isothermal**

درجه حرارت ستون در GC بسیار نقش آفرین است

injector و detector هم باید کلاً داغ باشد.
 اگر مثلاً ۴ تا یک رایزیم جاکیم isothermal می تواند، temperature programming بران زمان مناسب است
 که آن ها که میفرهیم جاکیم خنک تر باشد مثل نفت

*** retention time (TR)** تا حد آنالیزهای کیفی

یک t_R را تعیین می کنیم اگر بر این جداسازی های بعدی هم t_R حاصل شد احتمالاً آن گونه شناسایی شده.
 t_R مجهول t_R یک است و در وقت شرایط یکسان آنالیز شده مقایسه کرد.
 P4PCO



سطح زیرین این احمد ← سطح کارتن

سطح زیرین تفاوت است. یعنی سطح جدول را آن تعیین کنیم. اگر یک ها شارپ باشد می توانیم ارتفاع را همان سطح در نظر بگیریم.

تاریخچه: اندازه گیری / کروماتری / گرومتری

High Performance Liquid Chromatography

temperature programming مخصوص GC است

*HPLC

تعمیر قطر دانه کم، کارایی، طول، قطر دانه در HPLC قطر دانه ها در منابع → باز ساین
 بسیار کمتر از GC است و همین قطر کم باعث افت فشار در برابر دانه ها می شود. باید کمی ساین منابع
 (انقباضات injector و حلالی در) سطح انقباضات → $\pi r^2 u$ مصرف انرژی

کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC)

$$Hex = \frac{\pi r^2 u}{24 D_m}$$

Hex ↓ (مختصر)

u سرعت خطی فاز متحرک

Dm ضریب نفوذ

مدلی مورد برای انقباضات دانه ها

ارتفاع سطح از ستون از دانه های متعادلی می باشد

برعکس GC در اینجا آب و غیره است.

چه زمانی می رویم سراف GC و چه زمانی HPLC?

اول می رویم سراف GC چون تراست و کم هزینه تر / جا به جا کردن GC کار نماند می رویم سراف LC

ion-chromatography نوعی LC است متغیر بین حالا جابجا می کنند و داخل ستون برین بارد.

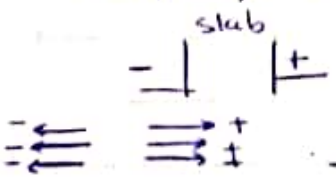
exclusion-chromatography این هم نوعی LC است. عمده های سنگین وارد ستون می شود و برضه خارج می شود.

*Capillary Electrophoresis (CE)

صورتی بزرگ کاترین ها کاتد / آنرین ها کاتد اند.

اکترو فوری از بعد مارستگاه حساب می شود

در اینجا روتا فرآیند داریم



Electrophoretic کاترین ها کاتد، آنرین ها کاتد اند

Electroosmotic

از لایه fused-silica

سور عبور می دهد. لوله لایه بار منفی می شود. (یعنی سطح سیلیکا بار منفی گرفته) حالا اگر بار منفی را در نظر

هم بار منفی هستند هم مثبت و مثبت ها جذب می شود
 از بعد مثبت ها برعکس حرکت می کنند چون راننده و چه دارد و پس مثبت ها

اول مثبت ها بعد فشرها بعد منفی ها. در اینجا بدون اینکه چیزی داشته باشیم فرم هدایت می شود. حالا
 یک دکلتر در یک سمت میگذاریم و شناختی می کنیم

در یک در یک سمت راست و یک سمت چپ داریم. Electm phoneic

در کل، بر خلاف HPLC چپ ندارد و همگیس زیادی ندارد و از آن تراست.

- انواع HPLC
- ۱- کروماتوگرافی تقسیمی
 - ۲- جذب سطحی
 - ۳- تبادل یونی (IEC)
 - ۴- اندازه گیری (size-exclusion)

$$\frac{y_{n-1}}{1-y_{n-1}} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{y_{n-1}}{1-y_{n-1}} \Rightarrow \frac{1.091n}{1-1.091n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{y_{n-1}}{1-y_{n-1}} \Rightarrow y_{n-1} = 0.4948 \Rightarrow y_{n-1} = 1.9(1.091)^n + 1.1(1.091)^{-n}$$

→ $y_{n-1} = 0.4948$ → **در بین ۱۰ سال اول** → **تعداد کل از ۰.۵ کمتر شود**

Δb_p ($^{\circ}C$)	Number of Plates
۱۵-۲۰	۱۰
۱۸-۱۲	۲۵
۵-۱۰	۴۵
۲-۵	۸۱
۲	۱۵۰

جاری (تر) انتقالی شود وقتی که در هر دو طرف

رولت های جوازای در بین ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰

رولت های جوازای در بین ۶۰، ۸۰، ۹۰

رولت های جوازای در بین ۹۸، ۸، ۳۰ **غیب دلتنگ: از بین GRE**

رولت های جوازای در بین ۹۸، ۸، ۱۰ **فلسفه در بین**

مکان تغییر - کلرینیت ۱۲۲ نیز در دمای ۱۳۶ و ۱۵۱ درجه سانتیگراد. تفاوتی در دمای ۱۳۶ و ۱۵۱ درجه سانتیگراد با دمای ۹۹.۹۹٪ از فریز نداشت. دمای ۱۳۶ درجه سانتیگراد (مجموعه باقی با دمای ۱۳۶ درجه سانتیگراد) **Total Reflux در ۱۲۲ و ۱۵۱ درجه سانتیگراد.**

$$\frac{y_n}{1-y_{n+1}} = \alpha \left(\frac{\alpha_s}{1-\alpha_s} \right) \Rightarrow$$

رولت های جوازای در بین از ۱۳۶ درجه سانتیگراد به ۱۵۱ درجه سانتیگراد.

$$\frac{1.999}{1-1.999} = \alpha \frac{1.0}{1-1.0} = \alpha^{n+1} \quad \& \quad h_2 \alpha = \frac{1.1(T_2 - T_1)}{T_1 + T_2} = \frac{1.1(151 - 136)}{151 + 136 + 136 + 136} \Rightarrow \alpha = 1.123$$

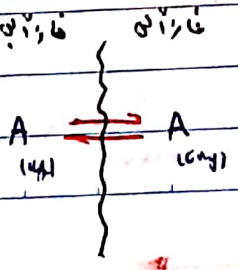
مکان (در) بطور (در) با هم تفاوتی در دمای ۱۳۶ و ۱۵۱ درجه سانتیگراد:
 $\Rightarrow 99.9 = 1.9 \Rightarrow n = 14$
 $P_{1,1}^* = 1.3 \text{ m}$ و $P_{2,2}^* = 1.2 \text{ m}$ و $d = 1.2 \text{ m}$ و $P_{1,1}^* = 1.2 \text{ m}$ و $P_{2,2}^* = 1.3 \text{ m}$ @ ۱۳۶

مکان (در) بطور (در) با هم تفاوتی در دمای ۱۳۶ و ۱۵۱ درجه سانتیگراد:
 $P_{1,1}^* = 1.3 \text{ m}$ و $P_{2,2}^* = 1.2 \text{ m}$ و $d = 1.2 \text{ m}$ و $P_{1,1}^* = 1.2 \text{ m}$ و $P_{2,2}^* = 1.3 \text{ m}$ @ ۱۳۶

$$P_{1,1} = P_{1,1}^* \alpha_{1,1} + P_{2,2}^* \alpha_{2,2} = 0.11 \text{ m}$$

$x_{1,1} = 0.12$
 $x_{2,2} = 0.12$
 $\Rightarrow P_{1,1} = 0.11 \text{ m}$
 ۹.۷۷

$$k_p = \frac{[O]_{\text{بیان کلرین}}}{[O]_{\text{آب}}} \Rightarrow D = \frac{\sum [O]_{\text{آب}}}{\sum [O]_{\text{بیان کلرین}}}$$



$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

$$\Rightarrow D = \frac{[HA]_{\text{آب}}}{[HA]_{\text{بیان کلرین}} + [A^-]}$$



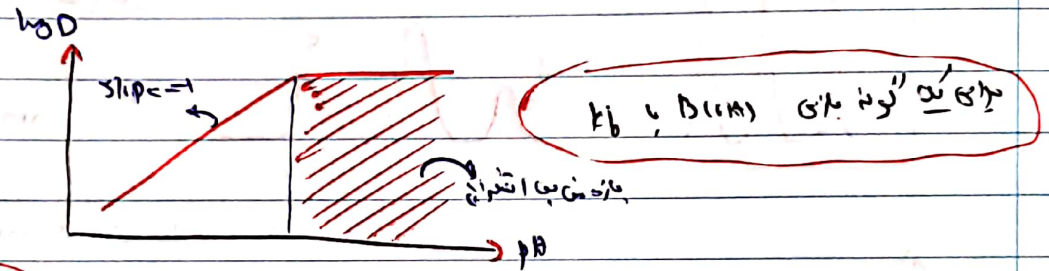
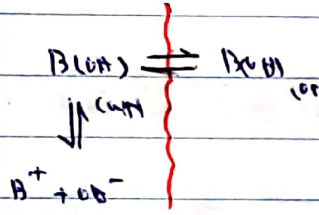
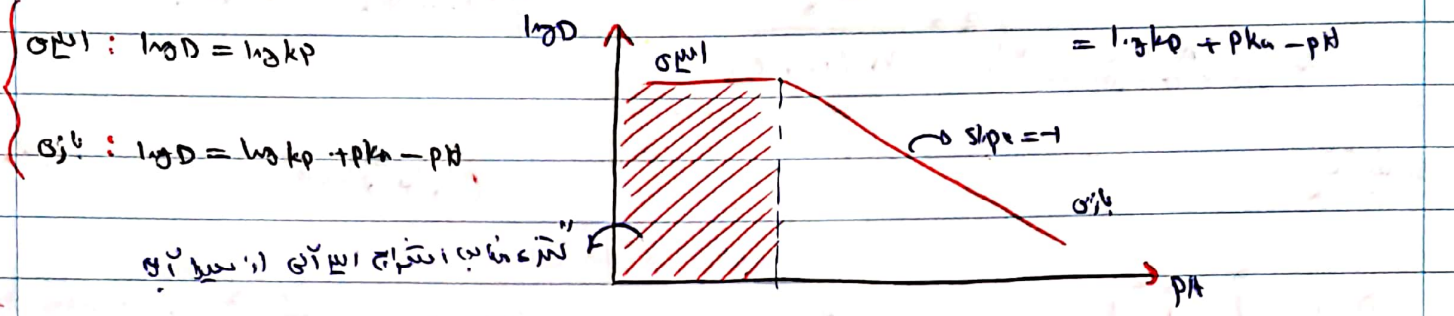
مثال ۱) با فرض اینکه انتگرال از ابتدا تا آخر در یک محیط با pH معین است و در نتیجه تغییرات در میزان H_2O در طول زمان

بازده انتگرال $D \uparrow \Leftrightarrow \uparrow$ $K_p = \frac{[H_2O]_{aq}}{[H_2O]_{org}}$

$$k_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]_{aq}} \Rightarrow [A^-] = \frac{k_a [HA]_{aq}}{[H^+]} \Rightarrow K_p = \frac{[H_2O]_{org}}{[HA]_{aq} + \frac{k_a [HA]_{aq}}{[H^+]}} = \frac{[H_2O]_{org}}{[HA]_{aq} \left(1 + \frac{k_a}{[H^+]}\right)}$$

$$D = \frac{K_p [H^+]}{[H^+] + k_a}$$

در حالت اول: $[H^+] > k_a \rightarrow D = K_p \rightarrow \log D = \log K_p$
 در حالت دوم: $[H^+] < k_a \rightarrow D = \frac{K_p [H^+]}{k_a} \rightarrow \log D = \log K_p - \log k_a + \log [H^+] = \log K_p + pK_a - pH$



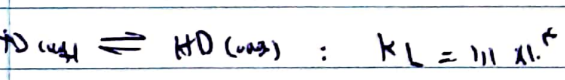
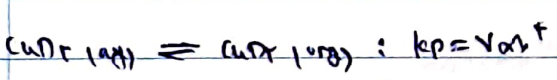
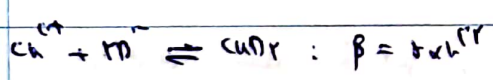
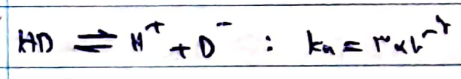
فرد α در α $E_{1/2}$

در صورتی که در طول زمان، پتانسیل pH ثابت بماند و تغییراتی در طول زمان

مثال ۲) در یک محیط با pH معین (D) در طول زمان تغییرات در میزان Cu^{2+} در طول زمان

در $pH=1$ و $pH=4$ محلول Cu^{2+} در طول زمان تغییرات در میزان Cu^{2+} در طول زمان

$\langle D \text{ در طول زمان تغییرات در میزان } HD \rangle$



در $pH=1$ (تغییرات در میزان Cu^{2+} در طول زمان)

$$D = \frac{\sum [Cu^{2+}]_{org}}{\sum [Cu^{2+}]_{aq}}$$

$$C_{aq} = [Cu^{2+}] + [CuD^+]_{aq}$$

$$C_{org} = [CuD^+]_{org}$$

$$D = \frac{[CuD^+]_{org}}{[Cu^{2+}] + [CuD^+]_{aq}}$$

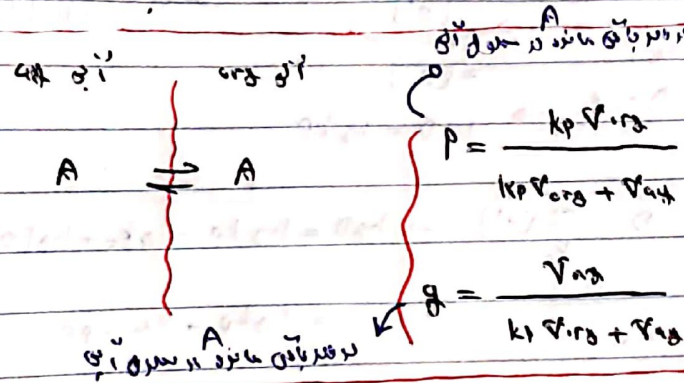


$$[Cu^{2+}]_{org} = \alpha [Cu^{2+}]_{aq}$$

$$D = \frac{k_m \beta k_n^n [HL]_{org}^n}{k_D^n [H^+]_{aq}^n}$$

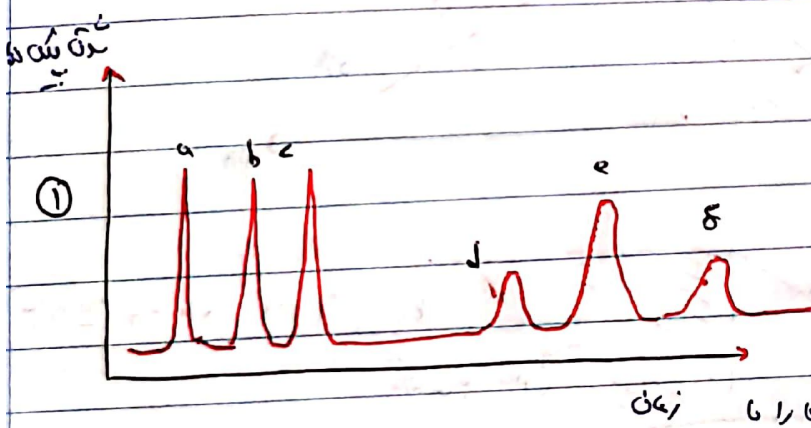
$$D = \alpha \beta \alpha_L \alpha_H \quad [H^+] = 10^{-pH} \quad pH=1$$

$$D = \alpha \beta \alpha_L \alpha_H \quad [H^+] = 10^{-pH} \quad pH=2$$



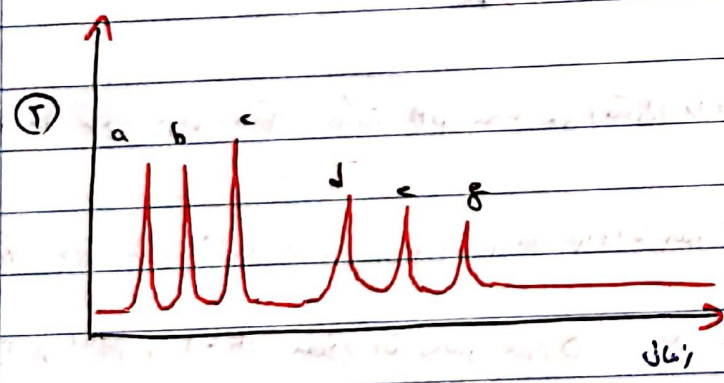
$$q = \frac{V_{aq}}{D V_{org} + V_{aq}} = \frac{k_n}{\alpha \beta \alpha_L \alpha_H}$$

گروما تو گروما



دو تا از اودی بداندنایی یکبارها و دو تا از سیگنال کرد
 و بی سرعتی تمام وقتی میخوره اینها دارد.

همه چیز در گروما که تراشید چه توانی مقدار زیادی از نمونه را با



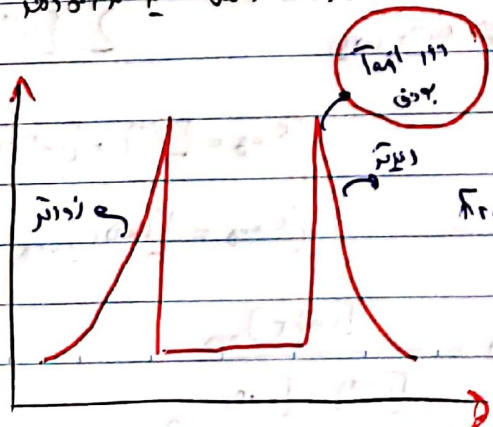
همه آن چیزها که در دندگی همه رنگها میخورند امده میخورد.

عین اینها بودن زمان هم بودن این

در نمودار (D) که از آنجا داریم

بسیار طولی از دست میخورد و اینها هم که میخورند و اینها هم که میخورند و اینها هم که میخورند

همه چیزها که در نمودار (D) که از آنجا داریم



در همه چیزها که میخورند و اینها هم که میخورند و اینها هم که میخورند

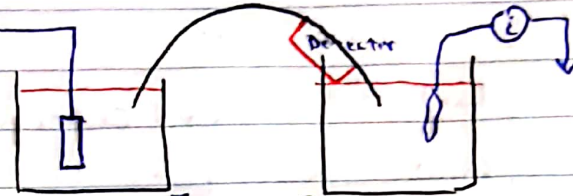
معمولاً از آنجا که در دست میخورند



روش های جداسازی: CE, ME, HPLC

الکتروفورز: Electrophoresis → TCE دستگاه جداسازی → Capillary Electroph. (CE)

High Voltage Power Source



تولید میدان الکتریکی در طول کاپیلاری
تولید میدان الکتریکی در طول کاپیلاری

جریان الکتریکی در طول کاپیلاری → حرکت یونها در جهت میدان الکتریکی

نسبت شارژ به اندازه μ $\frac{q}{r}$ → حرکت آنیون به سمت آنود

Slab

کاپیلاری در جداسازی → در جداسازی TCE در جداسازی یونها (تولید میدان الکتریکی)

Field Strength $\left(\frac{V}{cm}\right)$

$$v = \mu E$$

تعداد μ → Mobility $(cm^2 \cdot V^{-1} \cdot s^{-1})$

سرعت حرکت (cm/s)

در جهت میدان الکتریکی μ → با تغییر جهت میدان الکتریکی

Migration Velocity → نیروی اصطکاکی (Frictional Force) → در جهت بار

- I) Size & Shape of ions
- II) viscosity of solvent

تولید میدان الکتریکی

تولید میدان الکتریکی در طول کاپیلاری → در جهت بار

Capillary Electrophoresis (CE)

سیستم جداسازی یونها در مایعات

در جداسازی یونها در مایعات → در جهت بار

در جهت بار → در جهت بار

$$v = \mu \left(\frac{V}{L}\right)$$

CE → در جهت بار → در جهت بار

در جهت بار → در جهت بار



$$h = \theta + \frac{B}{h_0} + c_n \rightarrow$$

→ c در اینجا به معنی ضریب نفوذ پذیری است

$$N = \frac{h_0 V}{FD}$$

در اینجا N ضریب نفوذ پذیری است و V و F و D پارامترهای دیگر هستند.

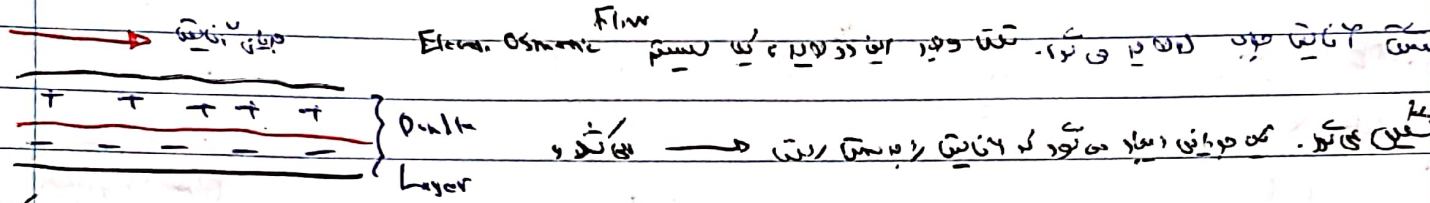
→ یکی از معادلات اساسی در اینجا $N = \frac{h_0 V}{FD}$ است که در آن N ضریب نفوذ پذیری، h_0 ضریب نفوذ پذیری، V حجم، F نیرو و D فاصله است.

→ در اینجا N ضریب نفوذ پذیری است و h_0 ضریب نفوذ پذیری، V حجم، F نیرو و D فاصله است.

→ در اینجا N ضریب نفوذ پذیری است و h_0 ضریب نفوذ پذیری، V حجم، F نیرو و D فاصله است.

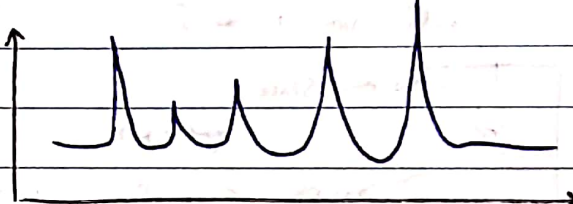
→ در اینجا N ضریب نفوذ پذیری است و h_0 ضریب نفوذ پذیری، V حجم، F نیرو و D فاصله است.

→ در اینجا N ضریب نفوذ پذیری است و h_0 ضریب نفوذ پذیری، V حجم، F نیرو و D فاصله است.



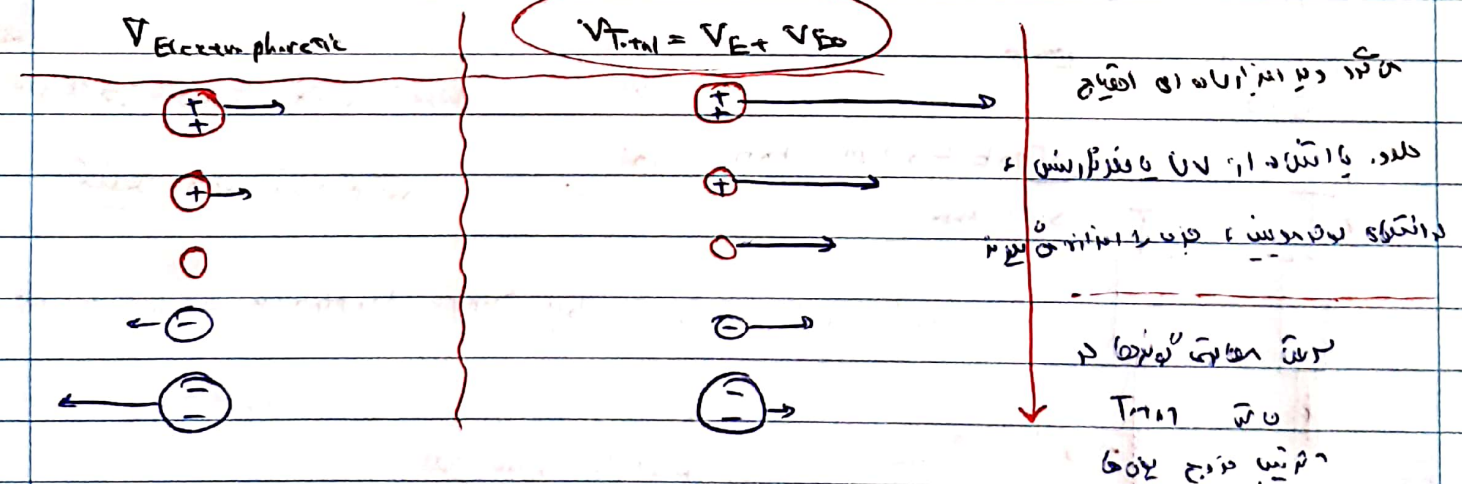
→ در اینجا N ضریب نفوذ پذیری است و h_0 ضریب نفوذ پذیری، V حجم، F نیرو و D فاصله است.

$$\gamma = \epsilon_0 E$$



Electrostatic

→ در اینجا N ضریب نفوذ پذیری است و h_0 ضریب نفوذ پذیری، V حجم، F نیرو و D فاصله است.



→ در اینجا N ضریب نفوذ پذیری است و h_0 ضریب نفوذ پذیری، V حجم، F نیرو و D فاصله است.

→ در اینجا N ضریب نفوذ پذیری است و h_0 ضریب نفوذ پذیری، V حجم، F نیرو و D فاصله است.

→ در اینجا N ضریب نفوذ پذیری است و h_0 ضریب نفوذ پذیری، V حجم، F نیرو و D فاصله است.



→ در اینجا N ضریب نفوذ پذیری است و h_0 ضریب نفوذ پذیری، V حجم، F نیرو و D فاصله است.

