

MPT6003 – Macromoléculas

Profs. Denise Petri, Henning Ulrich & Paulo Moreno

dfsp@iq.usp.br

henning@iq.usp.br

prmoreno@iq.usp.br

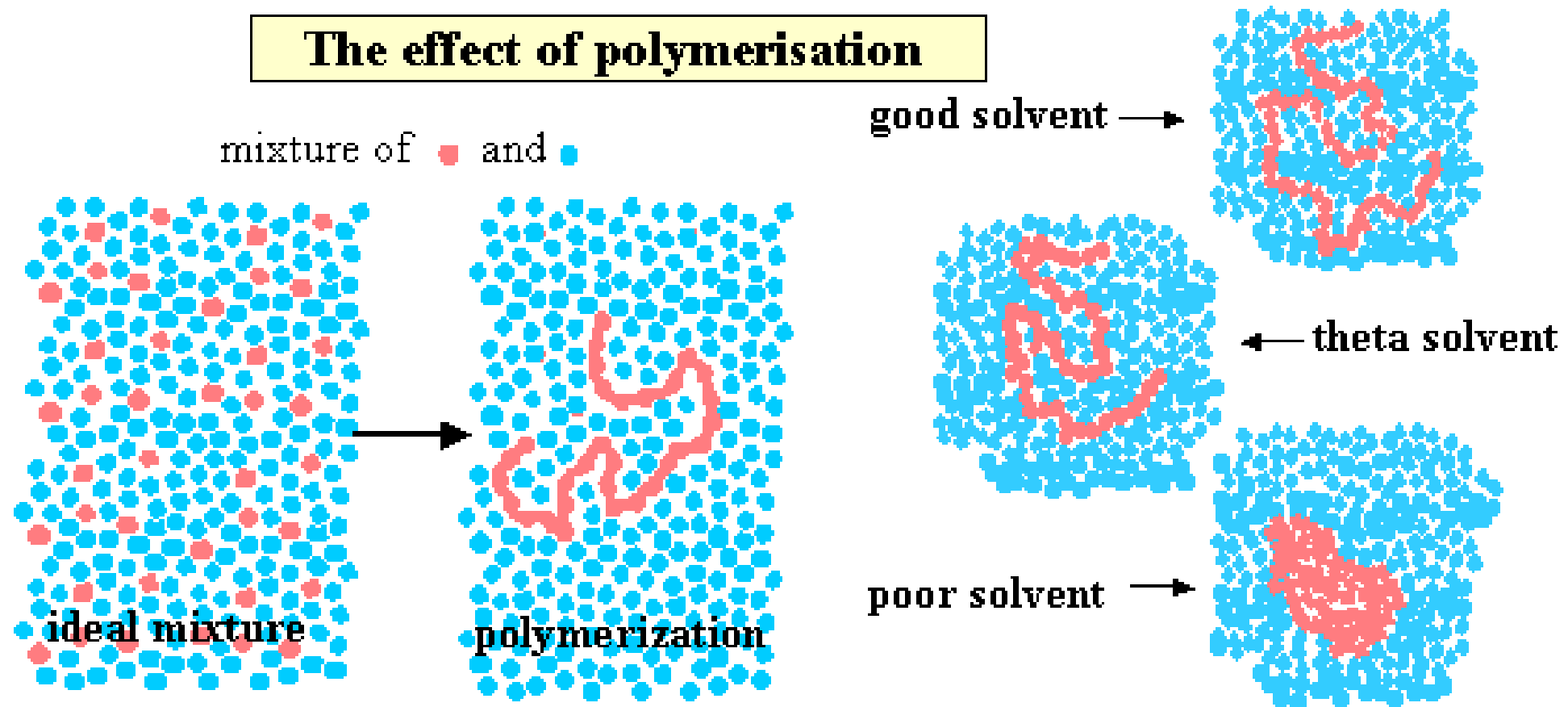


Cronograma

Data	Atividade
19/10 - DP	Apresentação do curso. Introdução à ciência dos polímeros: Conceitos fundamentais Lista 1 – Tarefa extra
26/10 - DP	Caracterização de polímeros em solução Aula no laboratório “seco” Lista 2 - Tarefa extra
02/11	Feriado - Finados
09/11 - DP	Caracterização de polímeros no estado sólido/fundido Propriedades X estrutura Lista 3 - Tarefa extra
16/11 - PM	Rotas de polimerização – Lista 4 - Tarefa extra
23/11 - HU	Aminoácidos, peptídeos e proteínas Lista 5 - Tarefa extra
30/11 - HU	Estrutura de DNA e RNA Lista 6- Tarefa extra
07/12 -	Workshop do Mestrado Profissional

Caracterização de polímeros em solução

The effect of polymerisation



Solubilidade

$$\Delta G_m = \Delta H_m - T \Delta S_m \quad \text{Funções de estado}$$

Em processos espontâneos: $\Delta G_m < 0$

Fatores que afetam a solubilidade

1) Natureza química do polímero e solvente

Parâmetro de solubilidade de Hildebrand (δ), densidade de energia coesiva, unidade $(\text{J.m}^3)^{1/2}$

$$\delta_i = (\Delta E_i^0 / V_i)^{1/2}$$

ΔE_i^0 = energia de vaporização do solvente puro

V_i = volume molar do solvente

$\delta_2 \rightarrow$ calculado ou determinado pelo grau de intumescimento

$$\delta_2 = (\rho \Sigma E / MM_i)^{1/2}$$

ρ = densidade

E = constante de atração molecular, MM = massa molar

Solubilidade

$$\Delta H_m = V_m \varphi_1 \varphi_2 (\delta_1 - \delta_2)^2$$

Se $(\delta_1 - \delta_2) = 0$, solução atérmica → **Uso industrial**

Solvente	$\delta_1 \text{ (J.m}^3\text{)}^{1/2}$	Polímero	$\delta_2 \text{ (J.m}^3\text{)}^{1/2}$
n-hexano	14,8	PE	16,2
Tolueno	18,3	PS	17,6
Acetona	19,9	PMMA	18,6
THF	20,3	PVC	19,4
Metanol	29,7	PET	21,9
Água	47,9	poliacrilonitrila	31,5

Desvantagem: não descreve sistemas envolvendo polímeros semi-cristalinos nem a dependência com MM ou T.

Parâmetro de solubilidade de Hansen (δ^2 , 1967)

Charles Hansen



Courtesy of Dr C. Hansen. <http://hansen-solubility.com/CharlesHansen.html>

Charles Hansen is a Danish scientist widely known for the so-called Hansen solubility parameters (HSP). Charles Hansen began his work with solvents in 1962, and almost immediately began producing new and groundbreaking results. Since then, his Hansen solubility parameters have been extensively used and proven valuable to various industries, including coatings, adhesives, plastics, protective clothing and environmental protection. They allow correlations and systematic comparisons previously not possible, such as polymer solubility, swelling and permeation, surface wetting and dewetting, the solubility of organic salts, and many biological applications. Their seemingly universal ability to predict molecular affinities has been generally accepted as being semi-empirical. Charles Hansen published a book summarizing his many years of experience in the field of solubility parameters (Hansen, 2000 and subsequent editions). For a profile of this great scientist and an interesting interview see Meyn (2002).

“Like Dissolves Like”

www.hansen-solubility.com

Parâmetro de solubilidade de Hansen (δ^2 , 1967)

$$\delta^2 = \delta_p^2 + \delta_d^2 + \delta_h^2$$

Interações
dipolo permanente /
dipolo permanente

Ligações de H

Interações
dipolo induzido /
dipolo induzido

Appendix 3.1 Hansen solubility parameters (HSP) for selected solvents

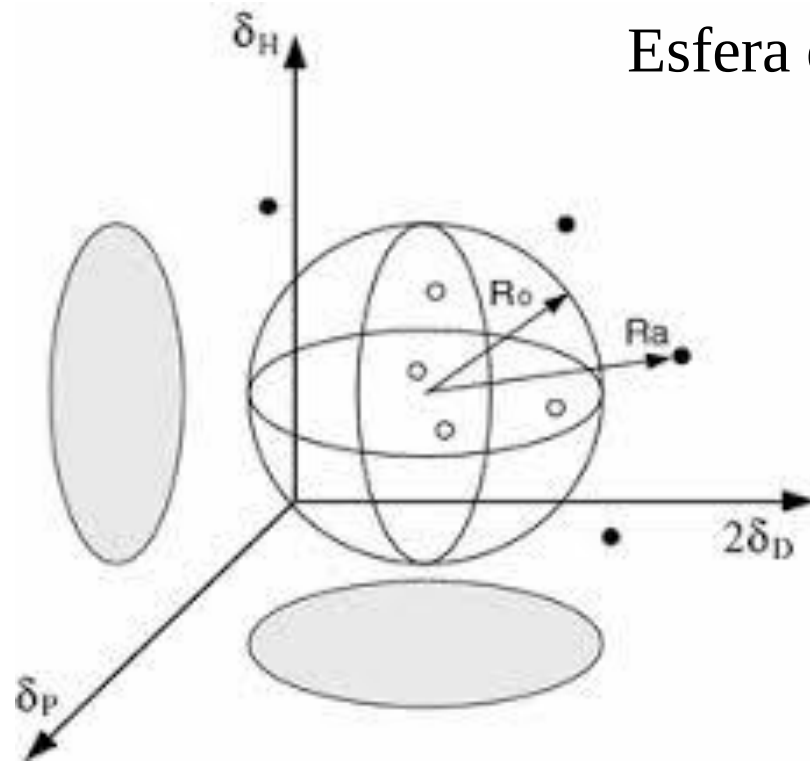
To be used in Equations 3.14 and 3.15. HSP in $(\text{cal cm}^3)^{-1/2}$, V in $\text{cm}^3 \text{ mol}^{-1}$.

Table 3.7 Solubility parameters of various liquids at 25 °C. For a complete list, see Hansen

Class	Code	Name	Molar Volume	Parameters		
				δ_d	δ_p	δ_h
Paraffin Hydrocarbons	1	n-Butane	101.4	6.9	0.0	0.0
	2	n-Pentane	116.2	7.1	0.0	0.0
	3	i-Pentane	117.4	6.7	0.0	0.0
	4	n-Hexane	131.6	7.3	0.0	0.0
	5	n-Heptane	147.4	7.5	0.0	0.0
	6	n-Octane	163.5	7.6	0.0	0.0
	7	i-Octane	166.1	7.0	0.0	0.0
	8	n-Nonane	179.7	7.7	0.0	0.0
	9	n-Decane	195.9	7.7	0.0	0.0
	10	n-Dodecane	228.6	7.8	0.0	0.0
	11	n-Hexadecane	294.1	8.0	0.0	0.0
	12	n-Eicosane	359.8	8.1	0.0	0.0
	13	Cyclohexane	108.7	8.2	0.0	0.1
	14	Methyl Cyclohexane	128.3	7.8	0.0	0.5
Aromatic Hydrocarbons	14.1	cis-Decalin	156.9	9.2	0.0	0.0
	14.2	trans-Decalin	159.9	8.8	0.0	0.0
	15	Benzene	89.4	9.0	0.0	1.0
	16	Toluene	106.8	8.8	0.7	1.0
	16.1	Naphthalene	111.5	9.4	1.0	2.9
	17	Styrene	115.6	9.1	0.5	2.0
	18	o-Xylene	121.2	8.7	0.5	1.5
	19	Ethyl Benzene	123.1	8.7	0.3	0.7
	19.1	1-Methyl Naphthalene	138.8	10.1	0.4	2.3
	20	Hesitylene	139.8	8.8	0.0	0.3
Halocarbons	21	Tetralin	136.0	9.6	1.0	1.4
	21.1	Biphenyl	154.1	10.5	0.5	1.0
	22	p-Diethyl Benzene	156.9	8.8	0.0	0.3
	23	Methyl Chloride	55.4	7.5	3.0	1.9
	24	Methylene Dichloride	63.9	8.9	3.1	3.0
	24.1	Chloro Bromo Methane	65.0	8.5	2.8	1.7
	25	Chloro Difluoro Methane	72.9	6.0	3.1	2.8
	26	Dichloro Fluoro Methane	75.4	7.7	1.5	2.8
	27	Ethyl Bromide	76.9	8.1	3.9	2.5
	27.1	1,1 Dichloro Ethylene	79.0	8.3	2.3	1.6
	28	Ethylene Dichloride (1,2 Dichloro Ethane)	79.4	9.3	3.3	2.0
	28.1	Methylene Diiodide ^a	80.5	8.7	1.9	2.7
	29	Chloroform	80.7	8.7	1.5	2.8
	29.1	1,1 Dichloro Ethane	84.8	8.1	4.0	0.2

(continued overleaf)

Parâmetro de solubilidade de Hansen (δ^2 , 1967)



Esfera de solubilidade de Hansen (HSP)

Good solvents are within the sphere while bad ones are located on the outside.

Teorias de Hildebrand e Hansen consideraram apenas ΔH_m

- ✓ Polímeros amorfos, sem variação de temperatura, concentração ou massa molar
- X Polímeros semi-cristalinos, variação de T, concentração ou massa molar

Teoria de Flory-Huggins para solubilidade de polímeros

Considerou:

- temperatura
- concentração
- contribuição entrópica

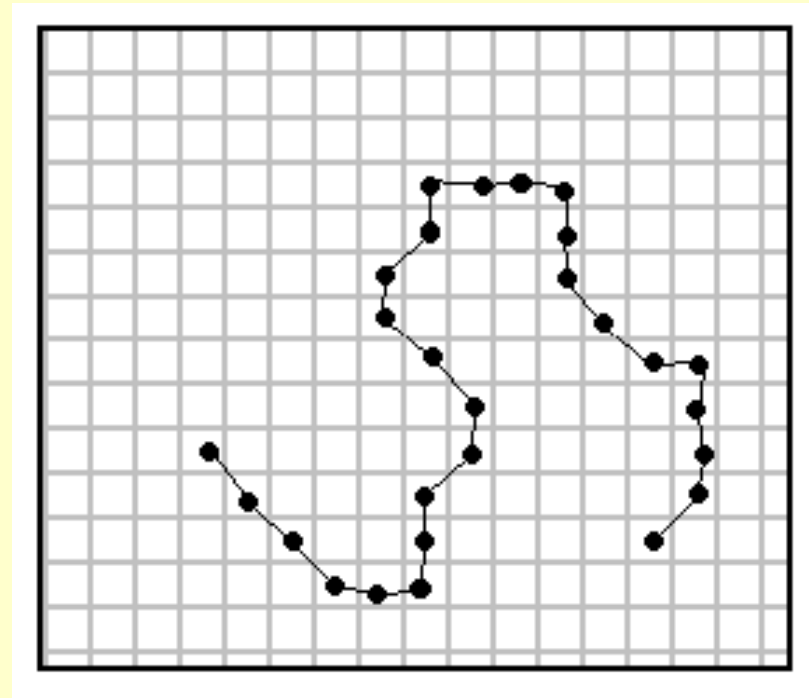
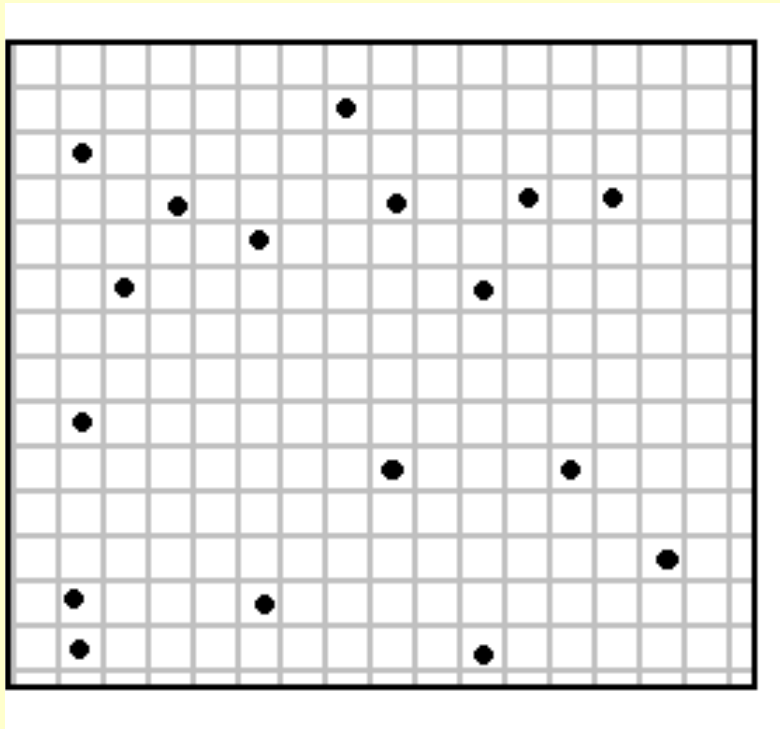
$$\Delta G_m = \Delta H_m - T\Delta S_m$$

Teoria de Flory-Huggins

$$\Delta G_m = \Delta H_m - T\Delta S_m$$

$$\Delta S_m = k \left[N_1 \ln \left(\frac{N_1}{N} \right) + N_2 \ln \left(\frac{N_2}{N} \right) \right] \rightarrow \Delta S_m = k [N_1 \ln \varphi_1 + N_2 \ln \varphi_2]$$

k = constante de Boltzmann, φ_i = fração volumétrica na matriz, N_1 = número de moléculas do solvente e N_2 = numero de moléculas de polímero



Teoria de Flory-Huggins

$$\Delta G_m = \Delta H_m - T\Delta S_m$$

$$\Delta S_m = -k [N_1 \ln \varphi_1 + N_2 \ln \varphi_2]$$

$$\Delta H_m = kT [N_1 \varphi_2 \chi_{12}]$$

χ_{12} = parâmetro de interação de Flory Huggins, pode depender de T e da concentração

$$\chi_{12} = V_{seg} (\delta_1 - \delta_2)^2 (RT)^{-1} \quad R = k N_A$$

$$\chi(T) = \chi^S + \chi^H/T$$

$$\Delta G_m = RT [n_1 \ln \varphi_1 + n_2 \ln \varphi_2] + [n_1 \varphi_2 \chi_{12}]$$

Contribuição entrópica

Contribuição entálpica

Solvent	EVA 1 (460)			EVA 2 (410)		
	χ	χ_H	χ_S	χ	χ_H	χ_S
<i>T</i> = 30 °C						
Cyclohexane	0.490	0.124	0.366	0.563	0.112	0.452
Toluene	0.444	0.043	0.401	0.562	0.045	0.516
Tetrahydrofuran	0.411	0.338	0.073	0.546	0.353	0.193
<i>p</i> -Xylene	0.276	0.015	0.261	0.556	0.016	0.540
Cyclopentane	0.333	0.062	0.271	0.524	0.052	0.472
<i>T</i> = 40 °C						
Cyclohexane	0.473	0.125	0.348	0.496	0.113	0.383
Toluene	0.454	0.044	0.411	0.496	0.046	0.444
Tetrahydrofuran	0.417	0.343	0.074	0.487	0.358	0.129
<i>p</i> -Xylene	0.305	0.015	0.290	0.508	0.017	0.492
Cyclopentane	0.337	0.063	0.274	0.455	0.053	0.402
<i>T</i> = 50 °C						
Cyclohexane	0.482	0.482	0.127	0.495	0.114	0.380
Toluene	0.461	0.461	0.044	0.495	0.046	0.415
Tetrahydrofuran	0.413	0.413	0.347	0.482	0.362	0.120
<i>p</i> -Xylene	0.347	0.347	0.015	0.471	0.017	0.454
Cyclopentane	–			–		

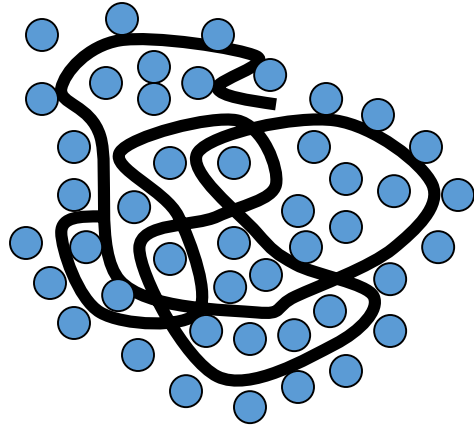
POLYMER-SOLVENT INTERACTION PARAMETER AT INFINITE DILUTION

Polymer	Solvent	χ_{∞}
Poly(acrylamide)	Water	0.495
Poly(dimethyl siloxane)	2-butanone	0.500
Polyisobutylene	n-Pentane	0.480
Poly(methyl methacrylate)	Acetone	0.480
Poly(p-chlorostyrene)	Toluene	0.475
Polystyrene	Cyclohexane	0.509
Polystyrene	Benzene	0.465
Poly(vinyl alcohol)	Water	0.494

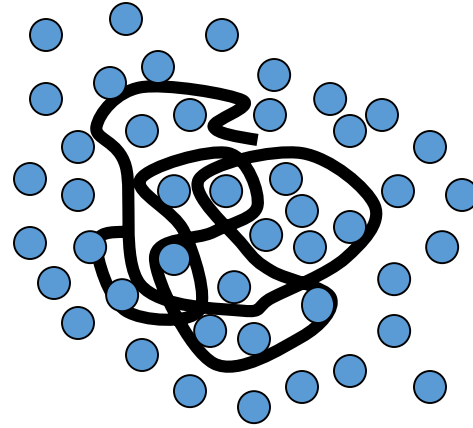
$\chi_{12} = 0,5 \rightarrow$ condição theta, não há interações preferenciais (comportamento ideal)

$\chi_{12} < 0,5 \rightarrow$ bom solvente

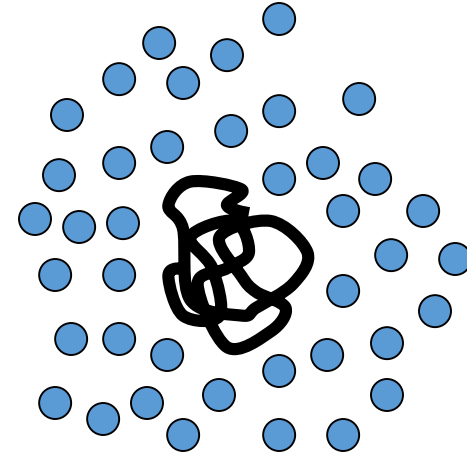
Interações com o solvente



**bom solvente
novelo expandido**



**solvente theta
novelo
não-perturbado**



**mau solvente
novelo colapsado**



Condição "theta"
Interações polímero/polímero ~ interações polímero/solvente
Não há interações preferenciais

Determinação de massa molar média de polímeros em solução

- 1) Escolher o melhor solvente para o polímero
- 2) Escolher a temperatura para dissolver e realizar o experimento
- 3) Escolher a faixa de concentração ideal

$$M_n = \frac{\sum_i n_i \cdot M_i}{\sum_i n_i} = \frac{\sum_i m_i}{\sum_i n_i} = \sum_i \left(\frac{n_i}{\sum_i n_i} \cdot M_i \right) = \sum_i x_i \cdot M_i$$

Propriedades coligativas

$$PDI = \frac{M_w}{M_n}$$

$$M_w = \frac{\sum (n_i \cdot M_i) \cdot M_i}{\sum (n_i \cdot M_i)} = \frac{\sum n_i \cdot M_i^2}{\sum n_i \cdot M_i}$$

Espalhamento de luz estático

Determinação de massa molar média de polímeros em solução

$$M_n = \frac{\sum_i n_i \cdot M_i}{\sum_i n_i} = \frac{\sum_i m_i}{\sum_i n_i} = \sum_i \left(\frac{n_i}{\sum_i n_i} \cdot M_i \right) = \sum_i x_i \cdot M_i$$

Propriedades coligativas

Aumento do ponto de ebulição do solvente

$$M_n = K_{bp} \cdot \frac{m_2}{m} \frac{1}{\Delta T_b}$$

K_{bp} = constante ebullioscópica

m_2 = massa do polímero

m = massa do solvente (1 kg)

ΔT_b = aumento do ponto de fusão do solvente

Determinação de massa molar média de polímeros em solução

$$M_n = \frac{\sum_i n_i \cdot M_i}{\sum_i n_i} = \frac{\sum_i m_i}{\sum_i n_i} = \sum_i \left(\frac{n_i}{\sum_i n_i} \cdot M_i \right) = \sum_i x_i \cdot M_i$$

Propriedades coligativas

Osmometria de membrana

$$\Pi = RT \left(\frac{1}{M_2} c_2 + A_2 c_2^2 + A_3 c_2^3 + \dots \right)$$

Π = pressão osmótica

M_2 = massa molar do polímero

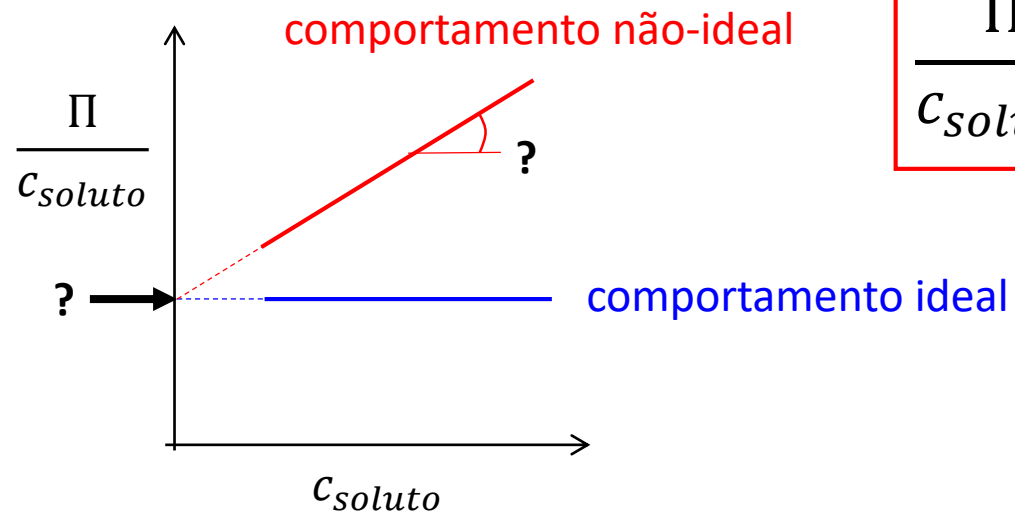
c_2 = concentração do solvante

A_2 = segundo coeficiente de virial

Eq. de van't Hoff

$$\Pi = \frac{n_{\text{solute}}}{V} RT \quad \longrightarrow \quad \Pi = \frac{m_{\text{solute}}}{\underbrace{M_{\text{solute}}}_{\text{Massa molar}} V} RT \quad \longrightarrow \quad \Pi = \frac{c_{\text{solute}}}{M_{\text{solute}}} RT$$

$A_2, A_3 \dots$ = Coeficientes viriais $\rightarrow$ interações soluto/solvente



$$\frac{\Pi}{c_{\text{solute}}} = \frac{RT}{M_{\text{solute}}} (1 + A_2 c_{\text{solute}} + A_3 c_{\text{solute}}^2 + \dots)$$

$$\frac{\Pi}{c_{\text{solute}}} = \frac{RT}{M_n}$$

Teoria de Flory-Huggins

Segundo coeficiente de virial $A_2 \rightarrow$ interações soluto/solvente

$$A_2 = \frac{\rho_1}{M_1 \rho_2^2} (0.5 - \chi)$$

$\chi = 0,5$ ou $A_2 = 0$ condição theta ($\nexists$ interações preferenciais)

$\chi > 0,5$ ou $A_2 < 0$ mau solvente (polímero não dissolve)

$\chi < 0,5$ ou $A_2 > 0$ bom solvente (polímero dissolve)

Determinação de massa molar média de polímeros em solução

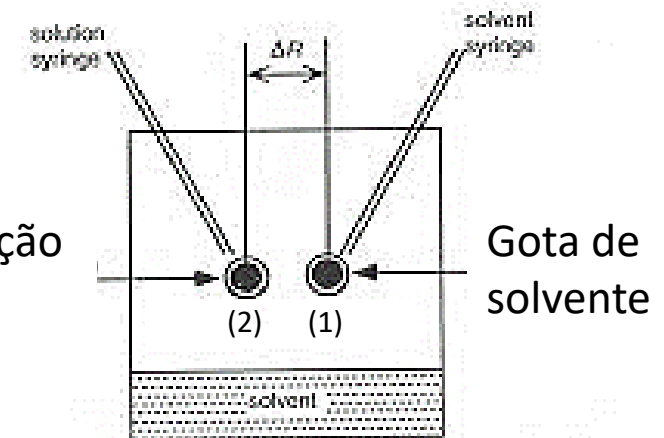
$$M_n = \frac{\sum_i n_i \cdot M_i}{\sum_i n_i} = \frac{\sum_i m_i}{\sum_i n_i} = \sum_i \left(\frac{n_i}{\sum_i n_i} \cdot M_i \right) = \sum_i x_i \cdot M_i$$

Propriedades coligativas

Osmometria de pressão de vapor (oligômeros, $M_n < 10.000 \text{ g/mol}$)

$$M_n = K \cdot \lim_{m_2/m_1 \rightarrow 0} \left[\frac{m_2 / m_1}{\Delta T} \right]$$

Gota de solução
do polímero

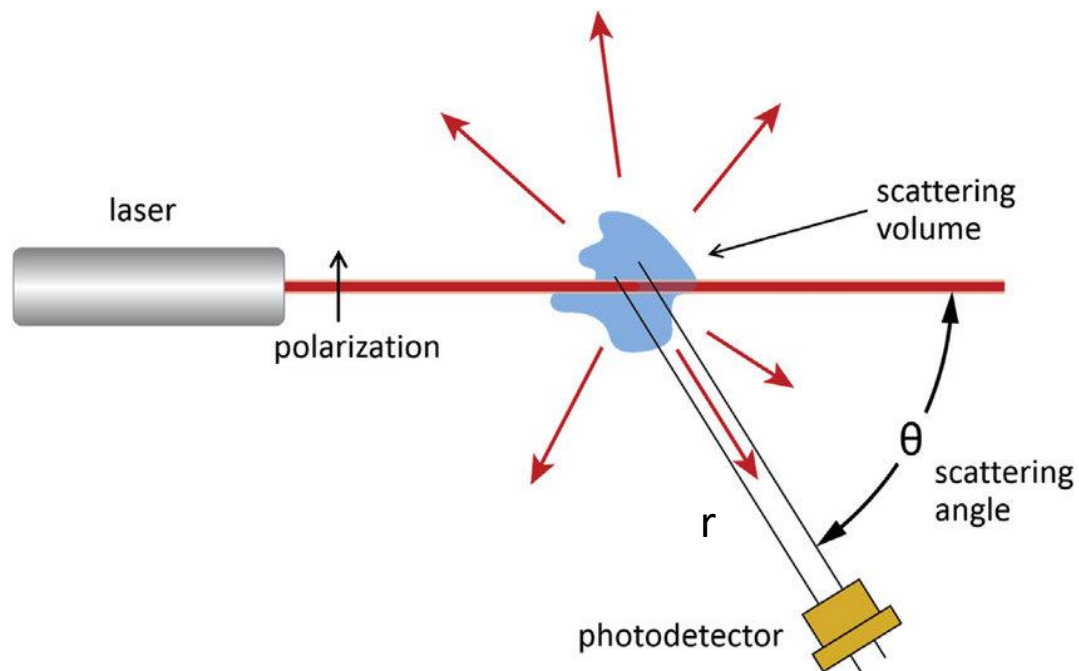


p_{vapor} da solução $<$ p_{vapor} do solvente puro $\rightarrow$ solvente condensa em (2) $\rightarrow \Delta T$

Determinação de massa molar média de polímeros em solução

$$M_w = \frac{\sum (n_i \cdot M_i) \cdot M_i}{\sum (n_i \cdot M_i)} = \frac{\sum n_i \cdot M_i^2}{\sum n_i \cdot M_i}$$

→ Espalhamento de luz estático



$$\frac{I}{I_0} = \frac{\pi^2}{\lambda^4} \frac{\alpha_{exc}^2}{\epsilon_0^2} \frac{\sin^2 \theta}{r^2}$$

A polarizabilidade de excesso (α_{exc}) se relaciona com a flutuação do índice de refração ($\Delta n(r)$) = contraste óptico

$$\frac{Hc}{R_\theta} = \frac{1}{M} \left(1 + \frac{1}{3} k^2 R_g^2 + 2A_2 Mc + \dots \right)$$

$$H \equiv \frac{1}{N_A} \left(\frac{2\pi n}{\lambda^2} \frac{dn}{dc} \right)^2$$

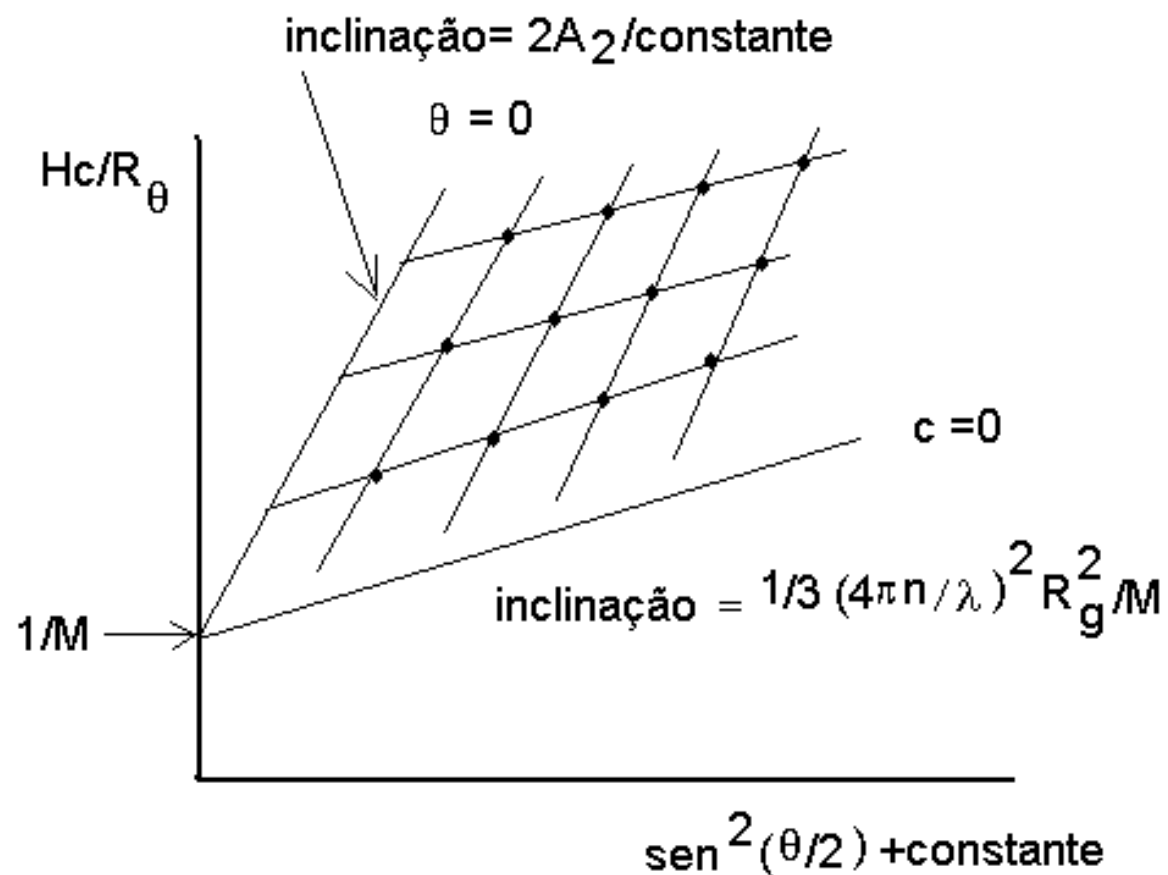


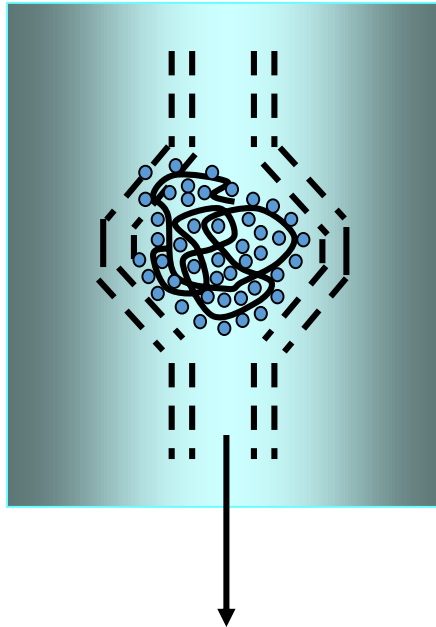
Gráfico de Zimm



M_w, R_g, A_2

Massa molar média viscosimétrica

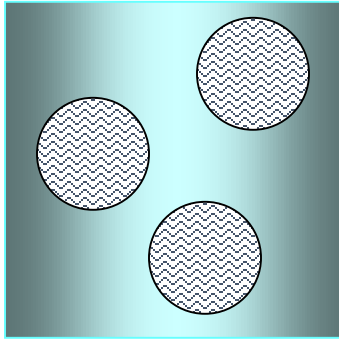
$$\overline{M}_v = \left[\frac{\sum_i N_i M_i^{(1+\alpha)}}{\sum_i N_i M_i} \right]^{1/\alpha}$$



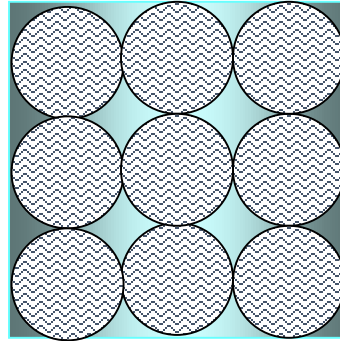
Viscosidade de solução diluída

Volume hidrodinâmico:
Volume (polímero + camada de solvatação)

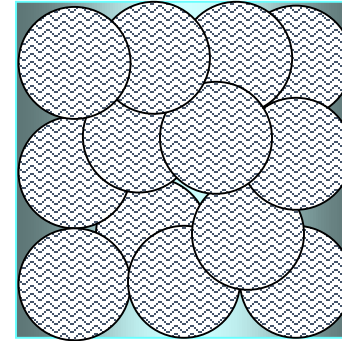
C^*



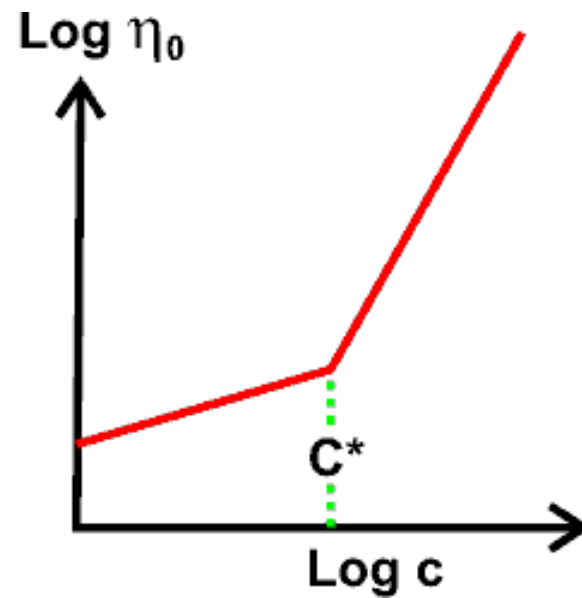
Regime diluído



Conc. crít.
entrelaçamento



Regime concentrado



Viscosimetria capilar

Numa solução o aumento da viscosidade devido ao soluto pode ser expresso pela viscosidade cinemática:

Viscosidade Cinemática: $\eta_{\text{cin}} = \eta_{\text{din}} / \rho = kt$ (Stokes ou mm²/s)

Onde:

η_{din} = viscosidade dinâmica (Pa.s)

ρ = densidade do fluído (g/cm³)

k = constante geométrica do capilar (mm²/s²),

t = tempo de escoamento (s)

Viscosidade relativa: $\eta_r = \eta_s / \eta_o$ (adimensional)

Viscosidade específica: $\eta_{\text{esp}} = \eta_s / \eta_o - 1$ (adimensional)

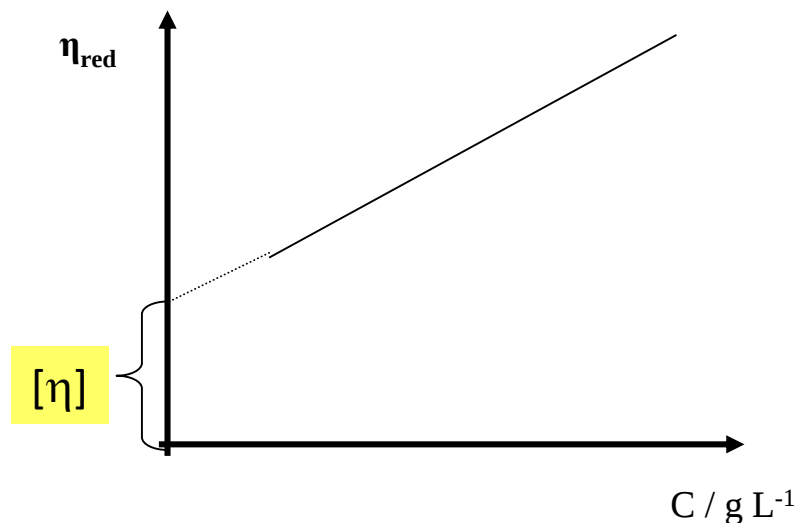
η_s e η_o são as viscosidades dinâmicas da solução e do solvente

Viscosidade reduzida: $\eta_{\text{red}} = \eta_{\text{esp}} / c$ (L/g)

Onde c é a concentração do polímero

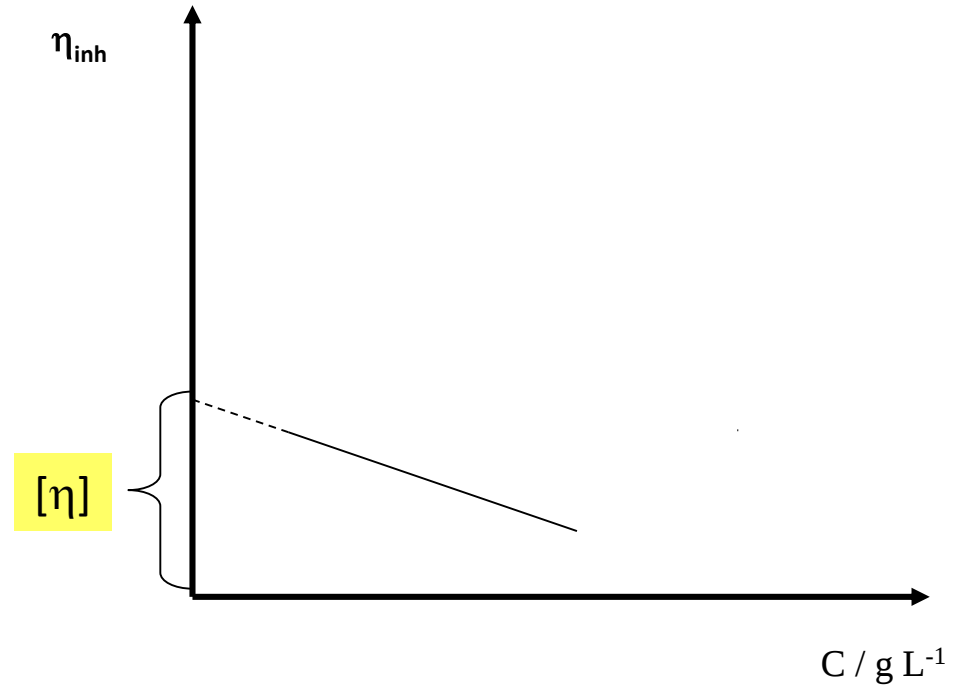
Viscosidade intrínseca: $[\eta] = \lim_{c \rightarrow 0} \frac{\eta_{\text{esp}}}{c} = \lim_{c \rightarrow 0} \eta_{\text{red}}$

Viscosidade reduzida: $\eta_{\text{red}} = \eta_{\text{esp}} / c \text{ (L/g)}$



No limite da diluição infinita pode-se obter a contribuição individual de cada molécula de soluto eliminando as interações entre elas. Esta contribuição é função do tamanho e da forma da molécula, assim como da sua interação com o solvente e da temperatura.

Viscosidade inerente: $\eta_{in} = (\ln \eta_r)/c$ (L/g)



RELAÇÃO ENTRE VISCOSIDADE INTRÍNSECA E MASSA MOLAR MÉDIA

Mark-Houwink-Sakurada:

$$[\eta] = K \overline{M}_v^a$$

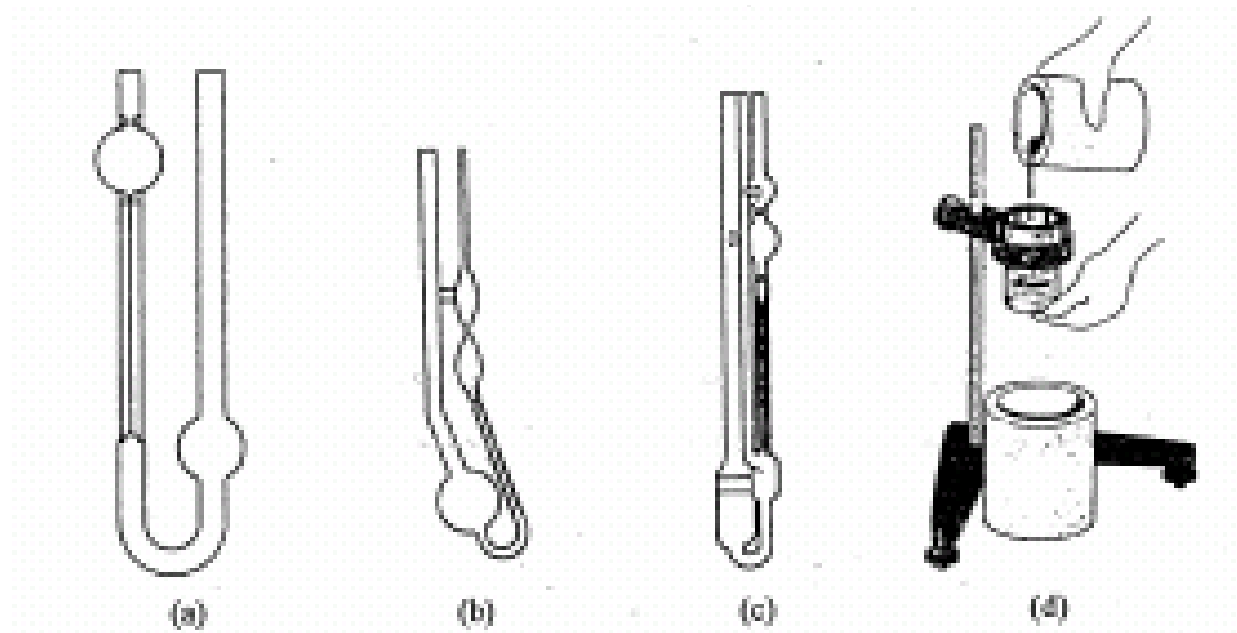
onde **K** e **a** são duas constantes que dependem do sistema polímero/solvente/temperatura

- Configuração do Polímero
- Constituição do polímero
- Distribuição de MM
- Qualidade do solvente
- Temperatura

A constante "a" depende da forma do polímero em solução. Ex: $a = 0$, esfera rígida não solvatada; $a = 0,5$ novelo não perturbado (cond. θ); $a > 0,5$ novelo expandido, bom solvente; $a < 0,5$ novelo colapsado, mau solvente.

Problemas experimentais possíveis:

- 1) Bolhas
- 2) Erro na tomada de tempo
- 3) Tempo de fluxo muito rápido



Ostwald

Cannon

Ubbelohde

Copo Ford

Melt flow index (MFI) ou índice de fluidez do fundido

Definição: massa de polímero (em gramas) que flui durante 10 minutos através de um capilar com diâmetro e comprimento específicos sob pressão e temperatura prescritas na norma ASTM D1238 e ISO 1133.

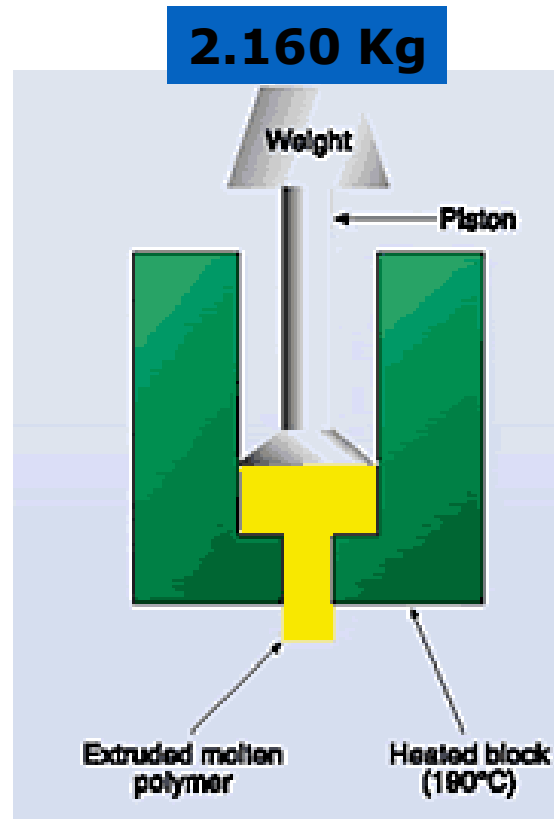
MFI permite estimar massa molar média

Quanto maior o MFI, menor é a massa molar média

MFI indicado para termoplásticos com baixa ou nenhuma ramificação

Muito comum para controle de qualidade de poliolefinas (PE, PP)

PE



Problemas experimentais possíveis:

- 1) Degradação do polímero
- 2) Bolhas
- 3) Irregularidade no corte

Capilar: diâm.=2.09 mm x L=8.0 mm

POLYMER HANDBOOK

FOURTH EDITION

Editors

J. BRANDRUP, E. H. IMMERGUT, and E. A. GRULKE

Associate Editors

**A. ABE
D. R. BLOCH**



A WILEY-INTERSCIENCE PUBLICATION

JOHN WILEY & SONS, INC.

New York • Chichester • Weinheim • Brisbane • Singapore • Toronto

This book is printed on acid-free paper. ©

Copyright © 1999 by John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Published simultaneously in Canada.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, scanning or otherwise, except as permitted under Sections 107 or 108 of the 1976 United States Copyright Act, without either the prior written permission of the Publisher, or authorization through payment of the appropriate per-copy fee to the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, (978) 750-8400, fax (978) 750-4744. Requests to the Publisher for permission should be addressed to the Permissions Department, John Wiley & Sons, Inc., 605 Third Avenue, New York, NY 10158-0012, (212) 850-6011, fax (212) 850-6008, E-Mail: PERMREQ @ WILEY.COM.

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data:

Polymer Handbook / Editors: J. Brandrup, E. H. Immergut, and E. A. Grulke;

Associate Editors, A. Abe, D. R. Bloch. — 4th ed.

p. cm.

"A Wiley-Interscience Publication."

Includes index.

ISBN 0-471-16628-6 (cloth : alk. paper)

1. Polymers—Tables. 2. Polymerization—Tables. I. Brandrup, J. II. Immergut, E. H. III. Grulke, Eric A.

QD388.P65 1999

547.7—dc21

98-37261

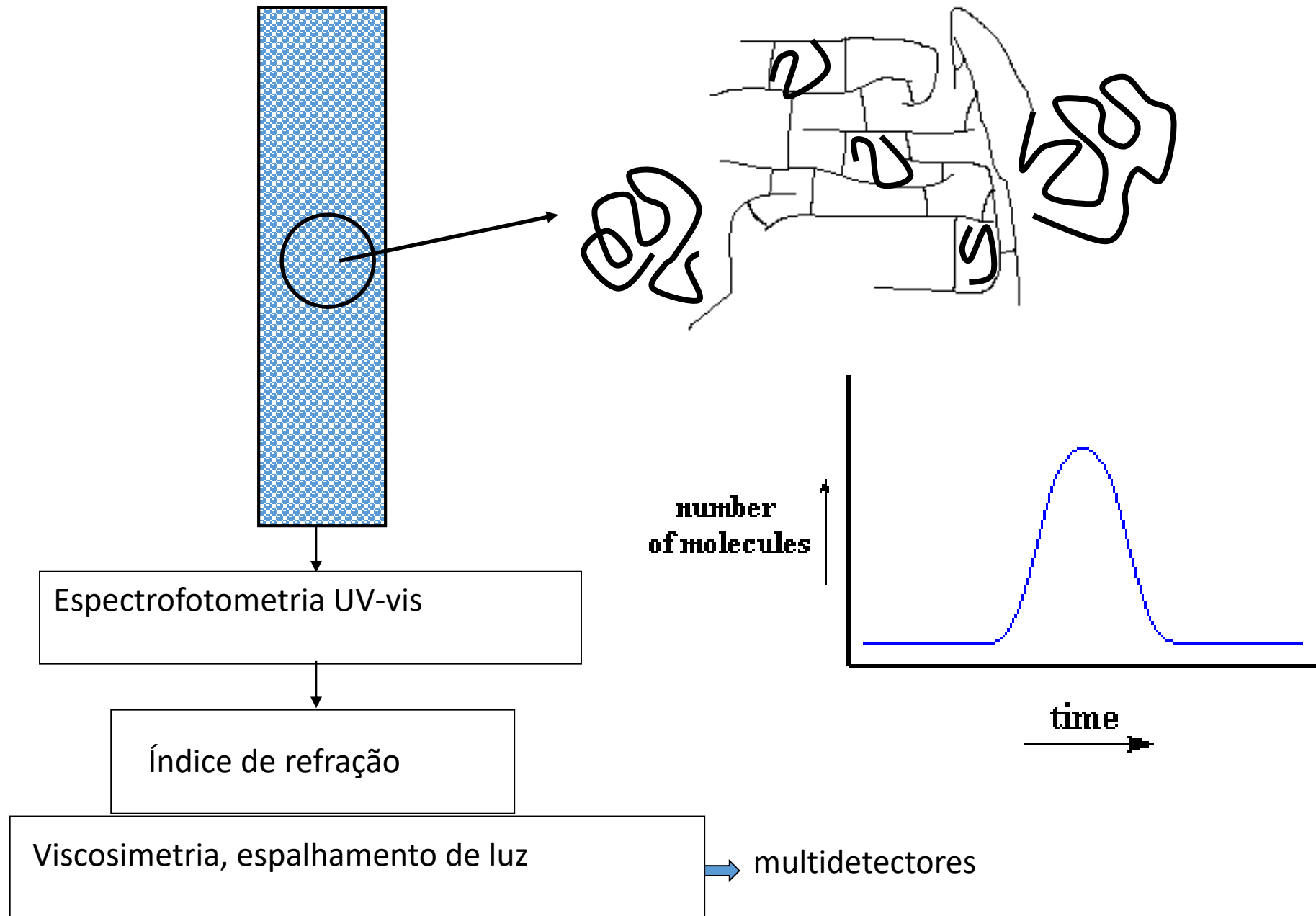
Printed in the United States of America.

10 9 8 7 6 5 4 3 2

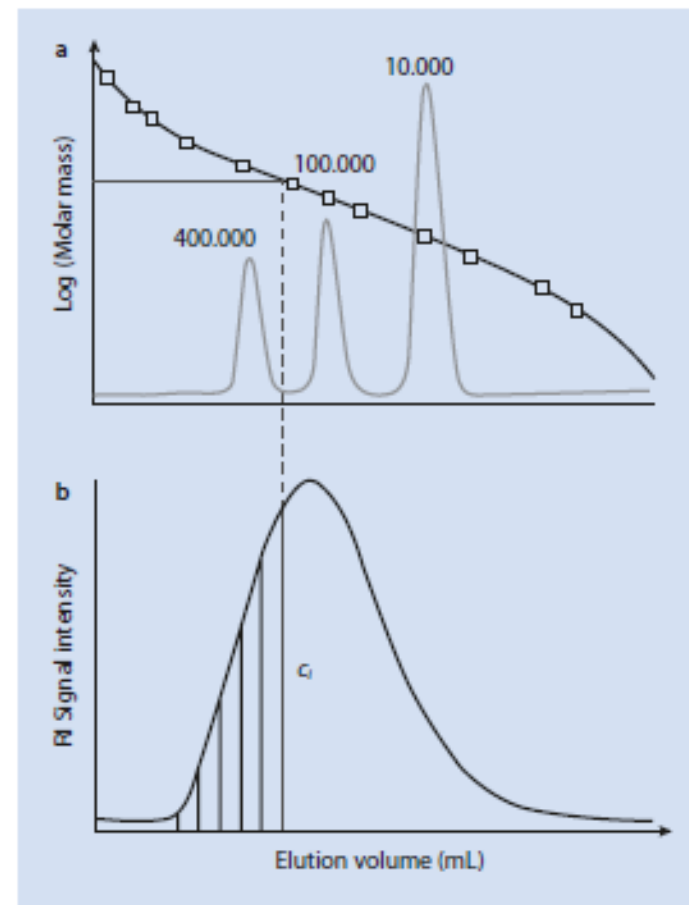
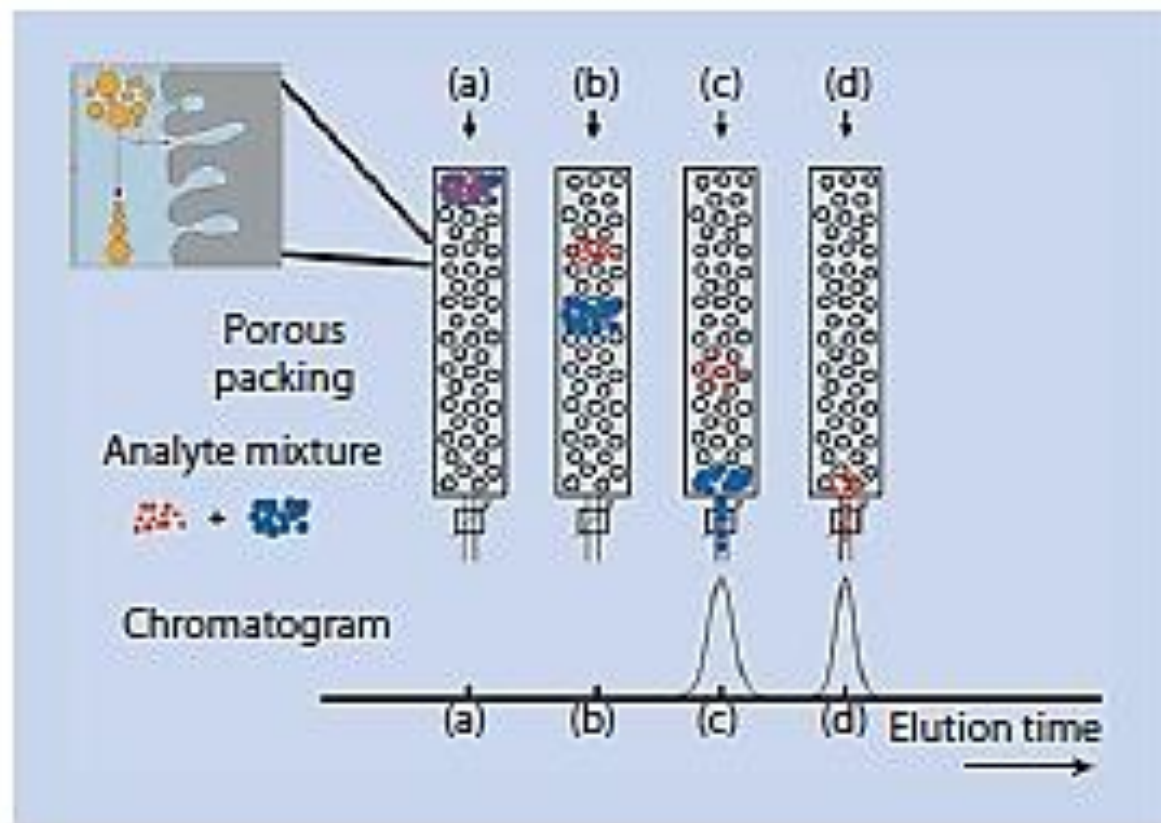
Determinação de massa molar média em solução

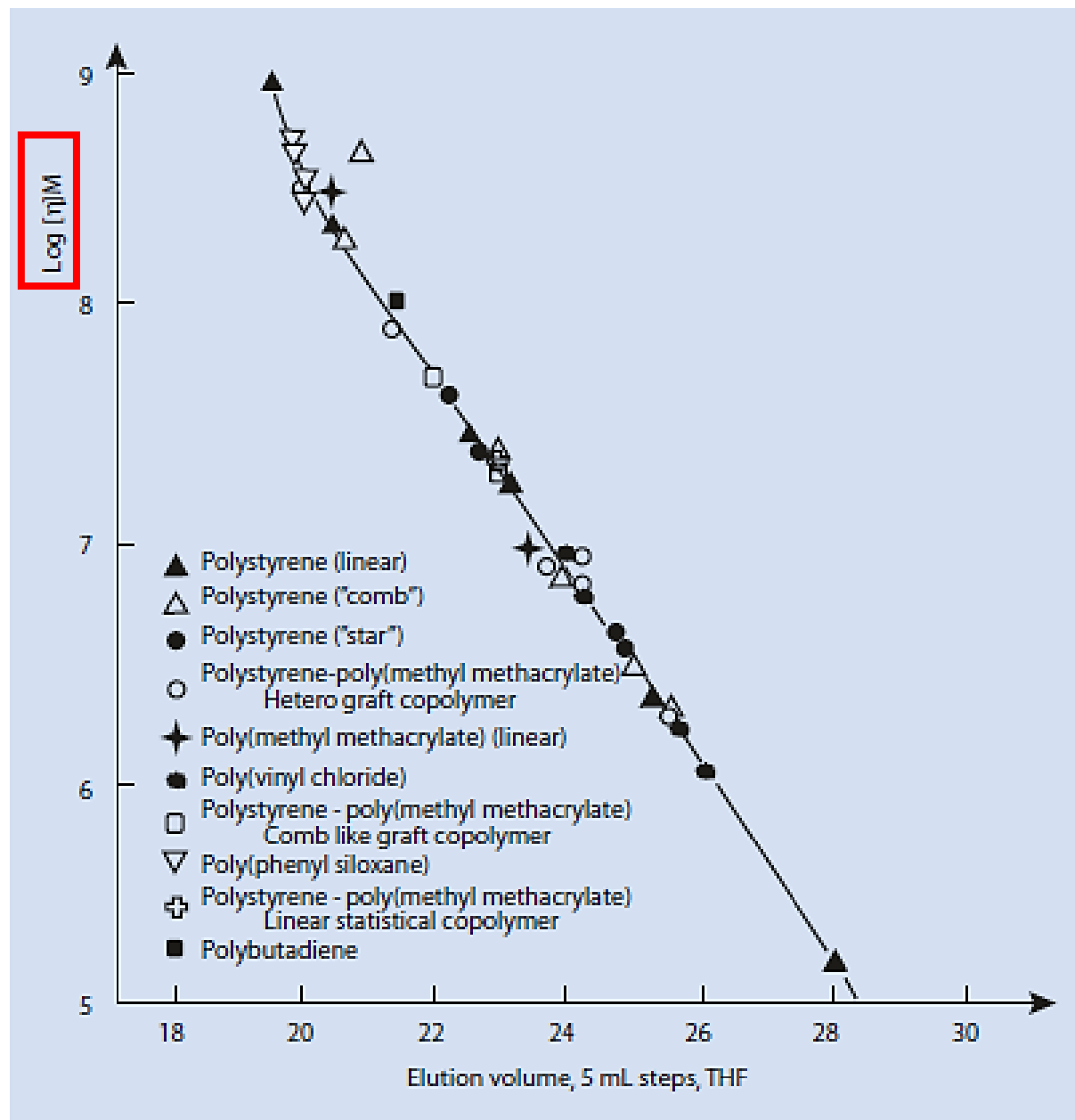
❖ Cromatografia de permeação em gel (GPC) ou cromatografia por exclusão de tamanho (SEC)

GPC - Cromatografia de permeação em gel



Curva de calibração com padrões (amostra de polímero com distribuição de massa molar estreita)





• Fig. 3.21 Example of a universal calibration with THF as solvent

Aspectos importantes:

- Escolher um bom solvente para o polímero, na temperatura de trabalho do GPC
- Sempre injetar soluções bem diluídas (~ 1 g/L) e filtradas
- O polímero não deve interagir com a fase estacionária da coluna
- Se for usar curva de calibração com polímeros padrões, esses devem ter estrutura química similar à estrutura química do polímero investigado

Bayardo Baptista Torres

[sobre o grupo](#)

[publicações](#)

[alunos e seus projetos](#)

[materiais didáticos](#)

[cursos](#)

Softwares de Ensino

e-mail: bayardo@iq.usp.br



Condições de uso - leia com atenção

A utilização dos softwares disponíveis neste endereço é livre para finalidades educacionais.
A utilização com finalidades comerciais é expressamente proibida.
Os softwares são protegidos pela lei de direitos autorais.

[Aceito os termos acima](#)

Lista solido-liquido.pdf

[Exibir todos](#)



Digite aqui para pesquisar



POR
PTB

22:09
23/10/2020



Bayardo Baptista Torres

[sobre o grupo](#)

[publicações](#)

[alunos e seus projetos](#)

[materiais didáticos](#)

[cursos](#)

Softwares de Ensino

e-mail: bayardo@iq.usp.br



Atenção:

O uso dos softwares abaixo é livre para finalidades educacionais. É vedado o uso comercial.

Métodos Experimentais em Bioquímica

[Iniciar >>](#)

Suíte de softwares educacionais versando sobre métodos experimentais comumente empregados na purificação de proteínas. A suíte é um projeto em contínuo andamento que inclui, até o momento, os seguintes softwares interativos:

Cromatografia de permeação em gel	ISBN 85-904384-3-0
Cromatografia de troca iônica	ISBN 85-904384-4-9
Cromatografia de afinidade	ISBN 85-904384-2-2

Técnicas em Biologia Molecular

[Iniciar >>](#)

Suíte de softwares educacionais versando sobre as estratégias experimentais utilizadas na manipulação de ácidos nucleicos, bem como suas aplicações. A suíte reúne softwares que atuam como "tarefas" e "bibliotecas", organizados numa interface integradora. Este projeto está em contínuo desenvolvimento e conta até o momento com os softwares:

Expressão de uma proteína recombinante	ISBN 85-904384-7-3
Amplificação in vitro	ISBN 85-904384-5-7
Enzimas de Restrição	ISBN 85-904384-6-5

Estudo Interativo da Estrutura de Proteínas

[Iniciar >>](#)

Este software é um estudo tutorial sobre a estrutura de proteínas.

Lista solido-liquido.pdf

[Exibir todos](#)



Digite aqui para pesquisar



POR
PTB

22:10
23/10/2020



Purificação de Proteínas por Cromatografia

Módulo integrado

Este módulo trata de algumas técnicas fundamentais da cromatografia. As técnicas cromatográficas figuram entre as técnicas mais utilizadas na purificação de moléculas de interesse biológico. O módulo é organizado como uma biblioteca contendo os tópicos seguintes:

- > Cromatografia de Permeação em gel
- > Cromatografia de Troca Iônica
- > Cromatografia de Afinidade

Cada tópico pode ser explorado em sub-unidades versando sobre os princípios e aplicações de cada técnica. O módulo disponibiliza ao aprendiz animações interativas dos processos microscópicos envolvidos em cada técnica, bem como a possibilidade de simular experimentos de separação cromatográfica.

Autores

 **iniciar**

Guilherme Andrade Marson
Bayardo B. Torres
Universidade de São Paulo
Instituto de Química

Lista solido-liquido.pdf

Exibir todos

Purificação de Proteínas por Cromatografia: Módulo integrado

biblioteca de técnicas cromatográficas

escolha uma das técnicas cromatográficas:

- » cromatografia de permeação em gel
- » cromatografia de troca iônica
- » cromatografia de afinidade

Guilherme Andrade Marson

Bayardo B. Torres

Instituto de Química

Universidade de São Paulo

apoio: FAPESP

Purificação de Proteínas por Cromatografia: Módulo integrado

«

→

→

→

cromatografia de permeação em gel

introdução

princípios

aplicações

Guilherme Andrade Marson

Bayardo B. Torres

Instituto de Química

Universidade de São Paulo

apoio: FAPESP