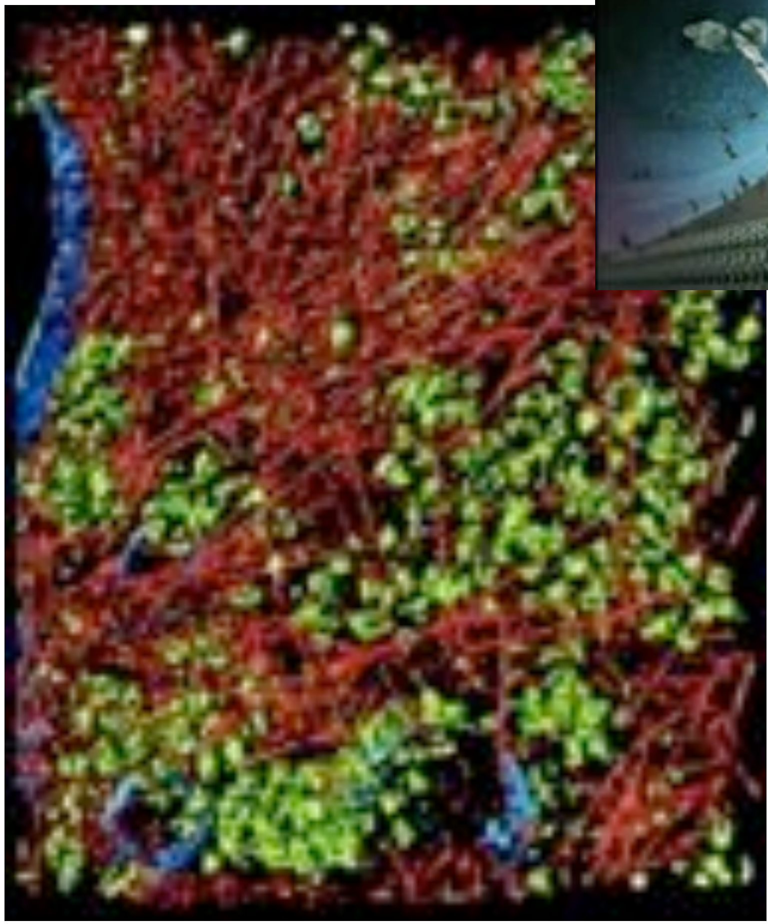
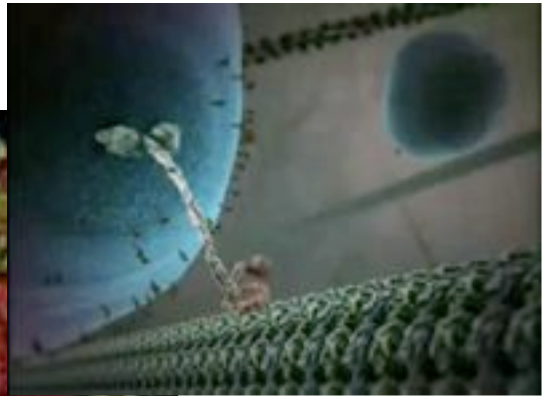
Biophysik der Moleküle

16. Vorlesung Rädler WS 2010





Life in crowded and disordered environments

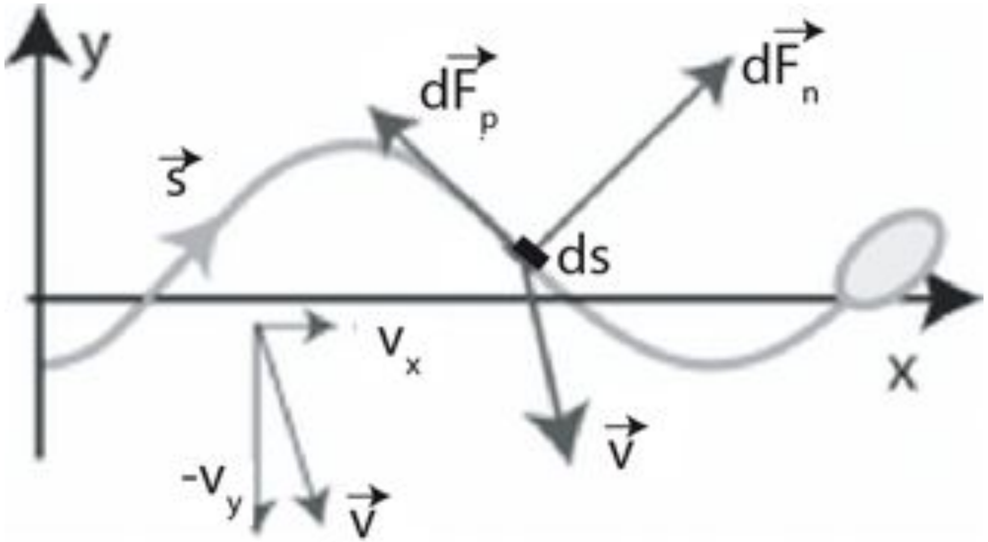
20. Dec. 2010

Zusammenfassung **G. Taylor**

Bakterium fühlt sich wie Fisch in Honig

Bewegt sich wie Korkenzieher

Bakterien und Spermien schrauben sich durch Wasser



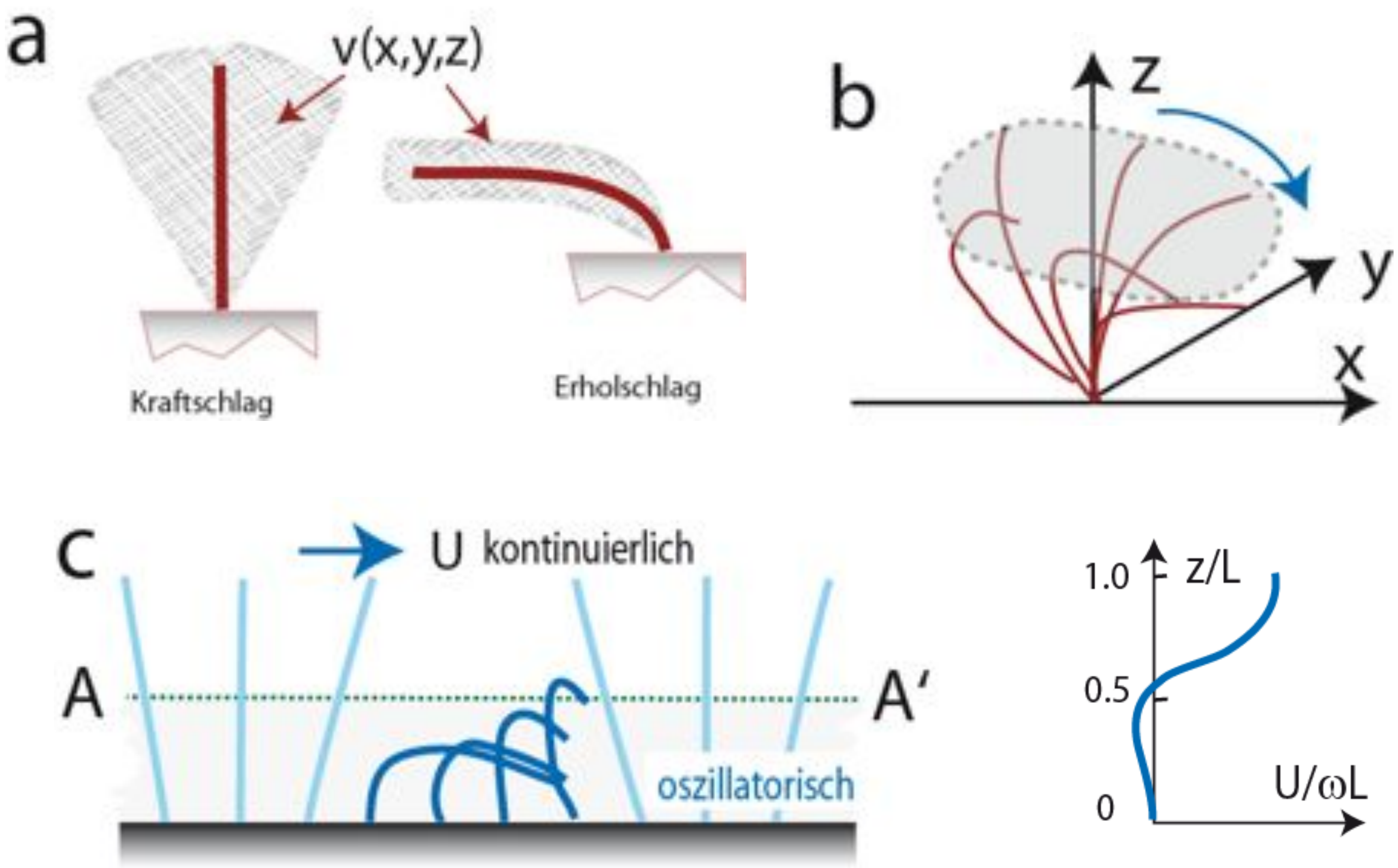
Stabförmige Objekte

Re*ibung parallel zu Achse* ζ_p

Re*ibung senkrecht zu Achse* ζ_s

$$\zeta_s \approx 2\zeta_p$$

Da beim Kraftschlag das Flagellum gestreckt und beim Erholschlag gebogen ist, entseht im erste Fall ein gerichteter hydrodynamischer Fluss ,aber im zweiten nicht



Die Reynoldszahl

Die Reynoldszahl ist das Verhältnis aus Trägheitskraft ρv^2 und Reibungskraft $\eta v/d$ und gibt ein Maß, ob die Strömungsverhältnisse laminar oder turbulent sind.

$$\boxed{\mathrm{Re} = \frac{\textit{Trägheitskraft}}{\mathrm{Re}\,\textit{ibungskraft}} = \frac{\rho \mathbf{v} d}{\eta}}$$

<u>Reynolds-Kriterium :</u>

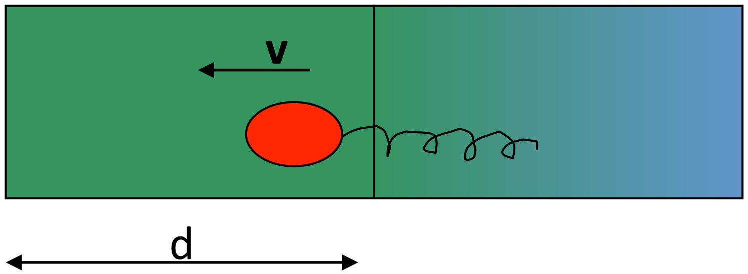
Re << 1100 => laminare Strömung
Re >> 1100 => turbulente Strömung

<u>Beispiele</u>

Bach : $v=1m/s$, $d=1m$, $\rho=10^3 kg/m^3$, $\eta=1mPa\cdot s$ => $Re=10^6$ (turbulent)

Bakterium : $v=1\mu m/s$, $d=1\mu m$, $\rho=10^3 kg/m^3$, $\eta=1mPa\cdot s$ => $Re=10^{-6}$ (laminar)

Wie effizient ist Diffusion als Transport ?



Die Péclet Zahl gibt das Verhältnis von Konvektion und Diffusion an.

$$\boxed{Pe = \frac{Diffusionszeit}{Driftzeit} = \frac{\mathbf{v}d}{D}}$$

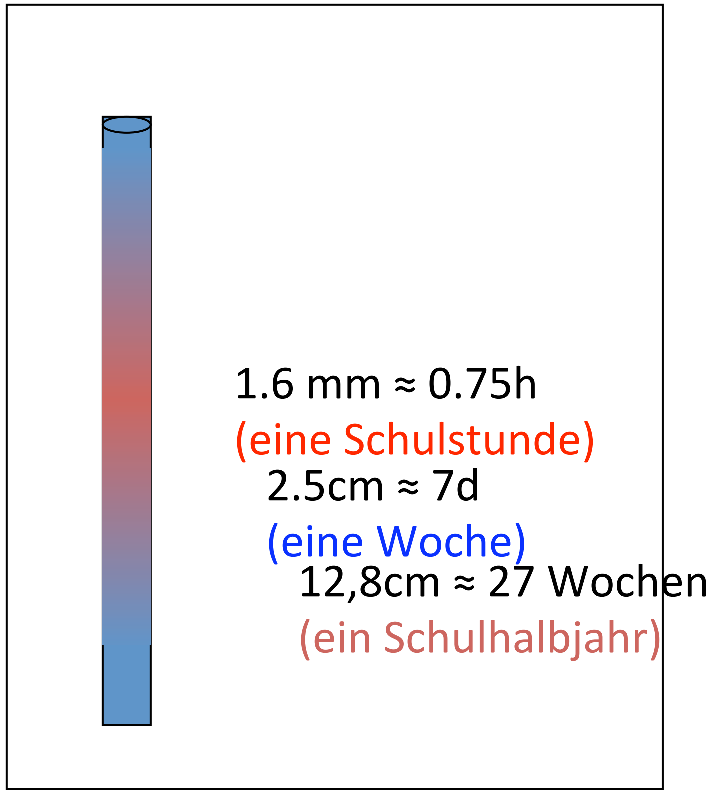
Bakterium :

$\mathrm{v} \approx 1\mu m/s,\ d \approx 1\mu m,$

$D(Wasser) \approx 1\mu m^2/ms = 10^{-9} m^2/s$

$=> Pe \approx 10^{-3}$

Die Welt kleiner Péclet Zahlen
ist durch Diffusion homogenisiert



Experiment : Die Diffusionsuhr

Beispiele für dichte Filament Architekturen

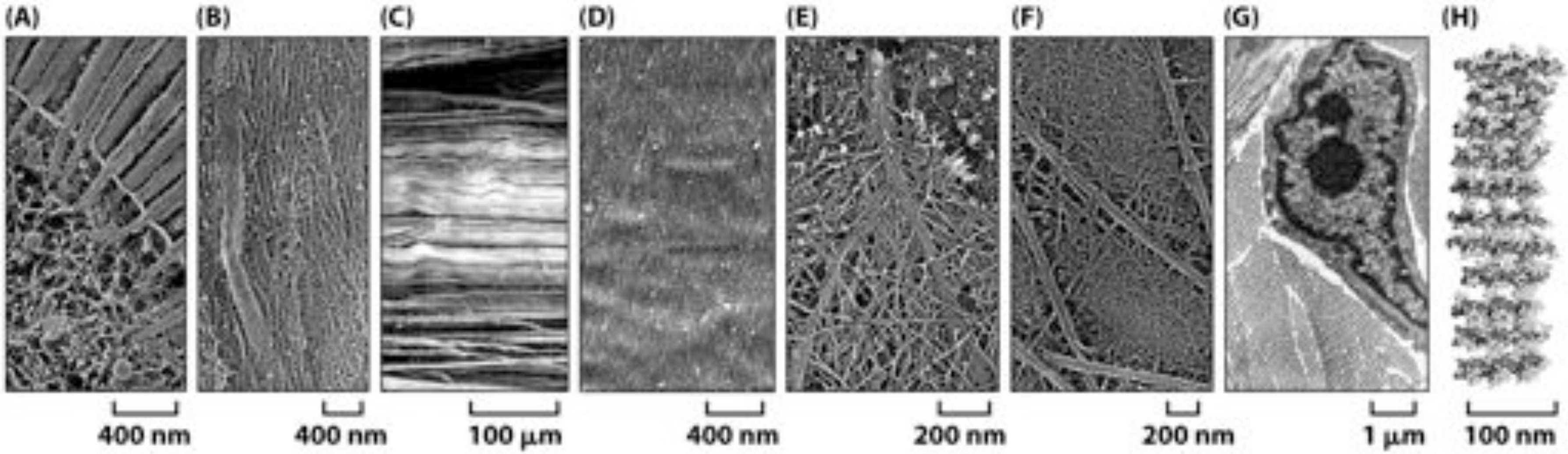


Figure 14.1 Physical Biology of the Cell (© Garland Science 2009)

actin

Axon
Nerve
cell

Aligned
collagen

Bundles of
cellulose

Actin
filaments

Mat of
Collagen
and
proteoglycans
(tissue cells)

Collagen
matrix

Strands o
Sugar
Cell wall
Of gram
Negative
bacteria

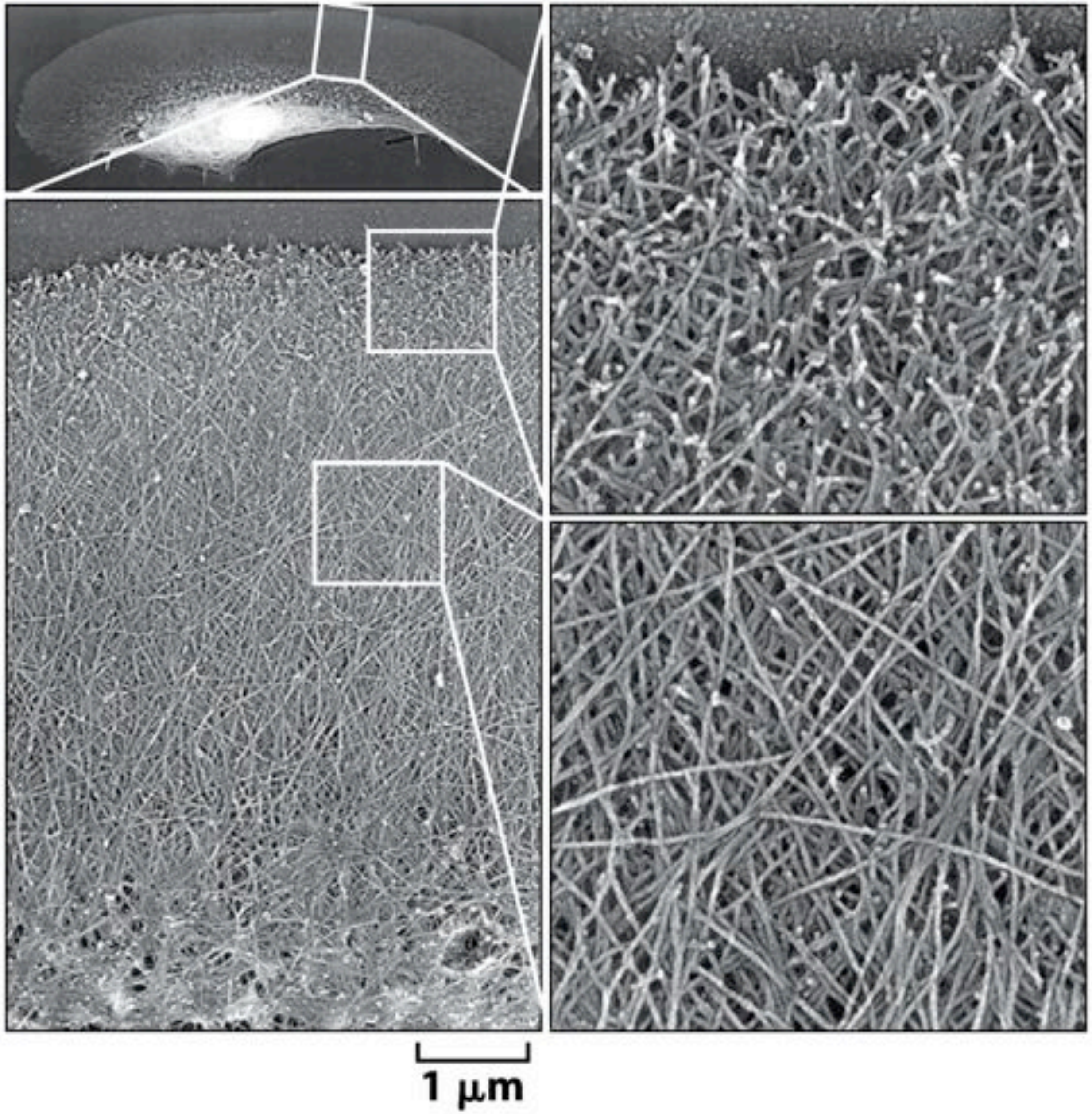


Figure 14.2 Physical Biology of the Cell (© Garland Science 2009)

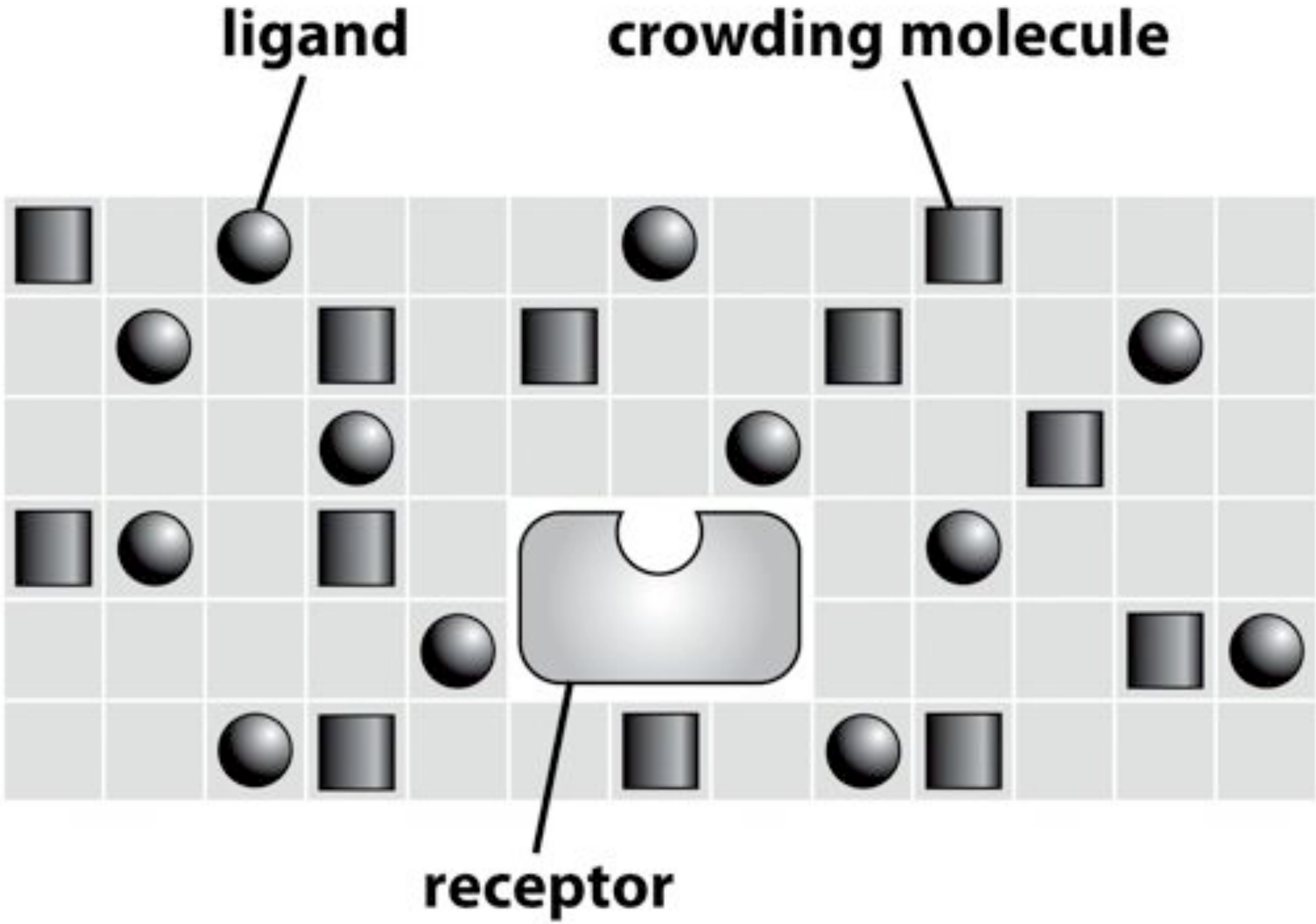


Figure 14.6 Physical Biology of the Cell (© Garland Science 2009)

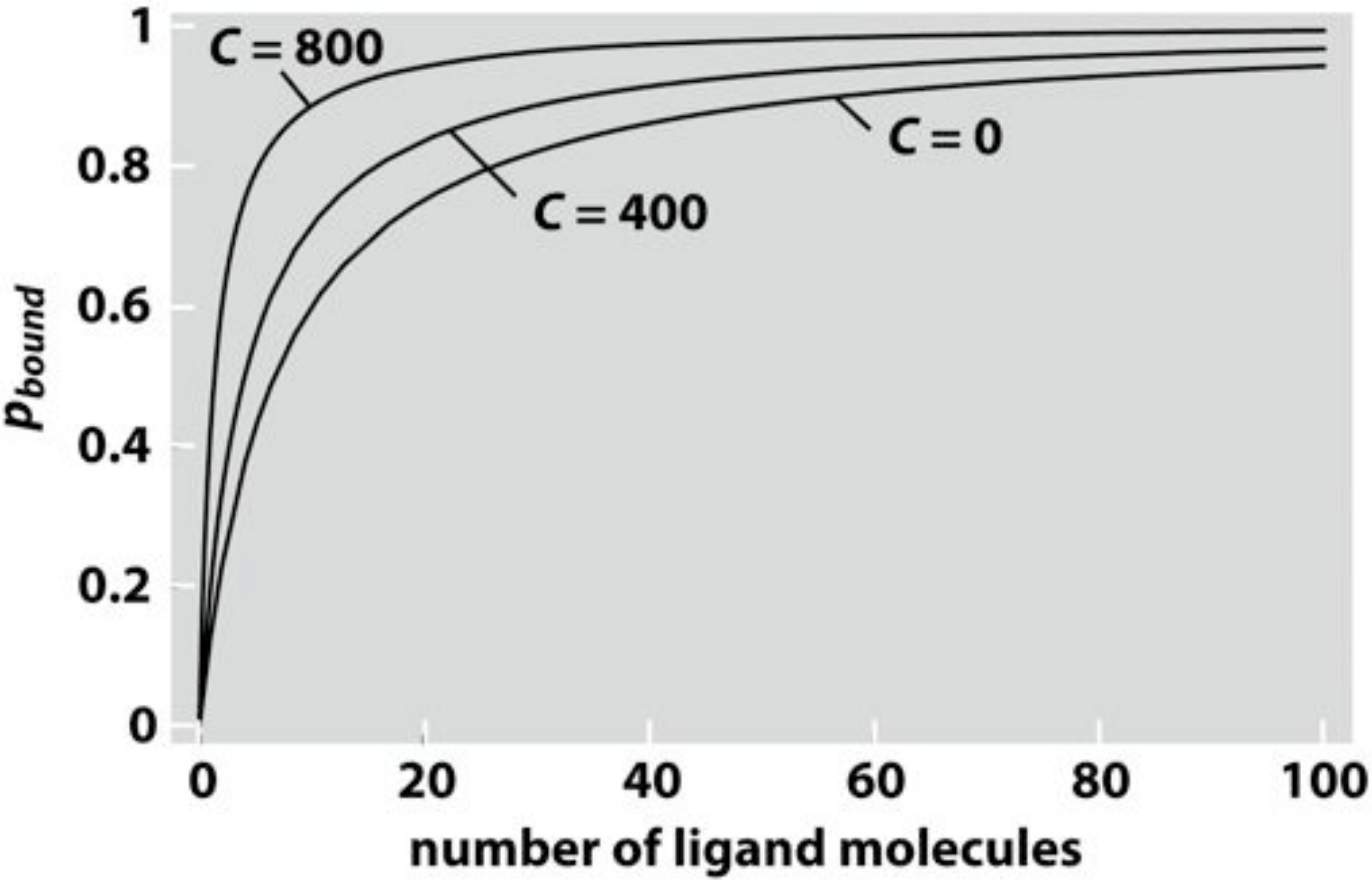


Figure 14.7 Physical Biology of the Cell (© Garland Science 2009)

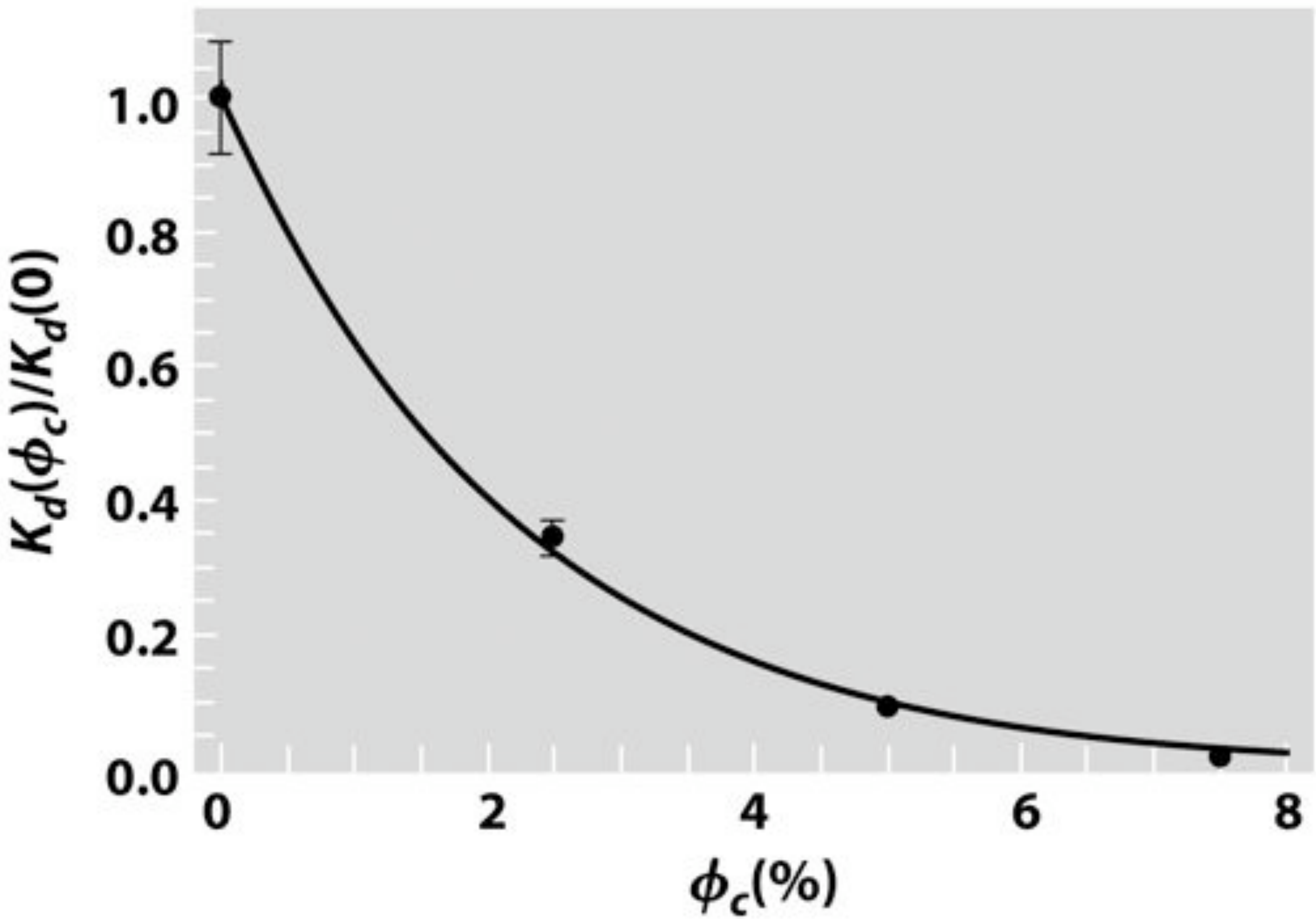
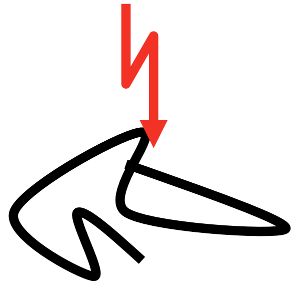


Figure 14.8 Physical Biology of the Cell (© Garland Science 2009)

Das Ausschlußvolumen



• Die einfache Betrachtung als random walk ergab $\langle \mathbf{r}^2 \rangle = N \cdot l^2$
für den End-zu-End-Abstand eines Polymerknäuels:

• Problem: Das Polymer kann sich nicht selbst durchdringen. Deshalb müßte der mittlere quadratische End-zu-End-Abstand größer sein.

• Flory löste das Problem durch eine einfache heuristische Betrachtung:

Wenn 2 Monomere überlappen, dann stoßen sie sich ab. Die Wahrscheinlichkeit, daß 2 Monomere am selben Ort liegen wächst mit dem Quadrat der Konzentration der Monomere.

Energiedichte:

$$W = \nu k_B T \cdot c_m{}^2 \qquad c_m = \frac{N}{\sqrt{\langle r^2 \rangle}^3}$$

$$W = \nu k_B T \cdot \frac{N^2}{\sqrt{\langle r^2 \rangle}^6}$$

Mittlerer End-zu-End-Abstand wird als Maß für den Radius des Polymers genommen

$$E_{Ausschluß} = W \cdot \sqrt{\langle r^2 \rangle}^3 = \nu k_B T \cdot \frac{N^2}{\sqrt{\langle r^2 \rangle}^3}$$

• Die Ausschlußenergie treibt das Polymerknäuel auseinander. Diese Kraft muß jetzt durch die entropische Kraft ausgeglichen werden, die das Knäuel zusammentreibt.

$$E_{Ausschluß} = W \cdot \sqrt{\langle r^2 \rangle}^3 = \nu k_B T \cdot \frac{N^2}{\sqrt{\langle r^2 \rangle}^3}$$

$$F_{Ausschluß} = \frac{\partial E_{Ausschluß}}{\partial \sqrt{\langle r^2 \rangle}} = -\nu k_B T \cdot 3 \cdot \frac{N^2}{\sqrt{\langle r^2 \rangle}^4}$$

$$F_{entr} \cong \frac{3kT}{N \cdot l^2} \cdot \sqrt{\langle r^2 \rangle}$$

$$\frac{3kT}{N \cdot l^2} \cdot \sqrt{\langle r^2 \rangle} - \nu k_B T \cdot 3 \cdot \frac{N^2}{\sqrt{\langle r^2 \rangle}^4} \stackrel{!}{=} 0$$

$$\frac{1}{l^2} \cdot \sqrt{\langle r^2 \rangle}^5 = -\nu \cdot N^3$$

$$\boxed{\sqrt{\langle r^2 \rangle} \propto N^{\frac{3}{5}}}$$

im Gegensatz zu:

$$\sqrt{\langle r^2 \rangle} \propto N^{0.5}$$

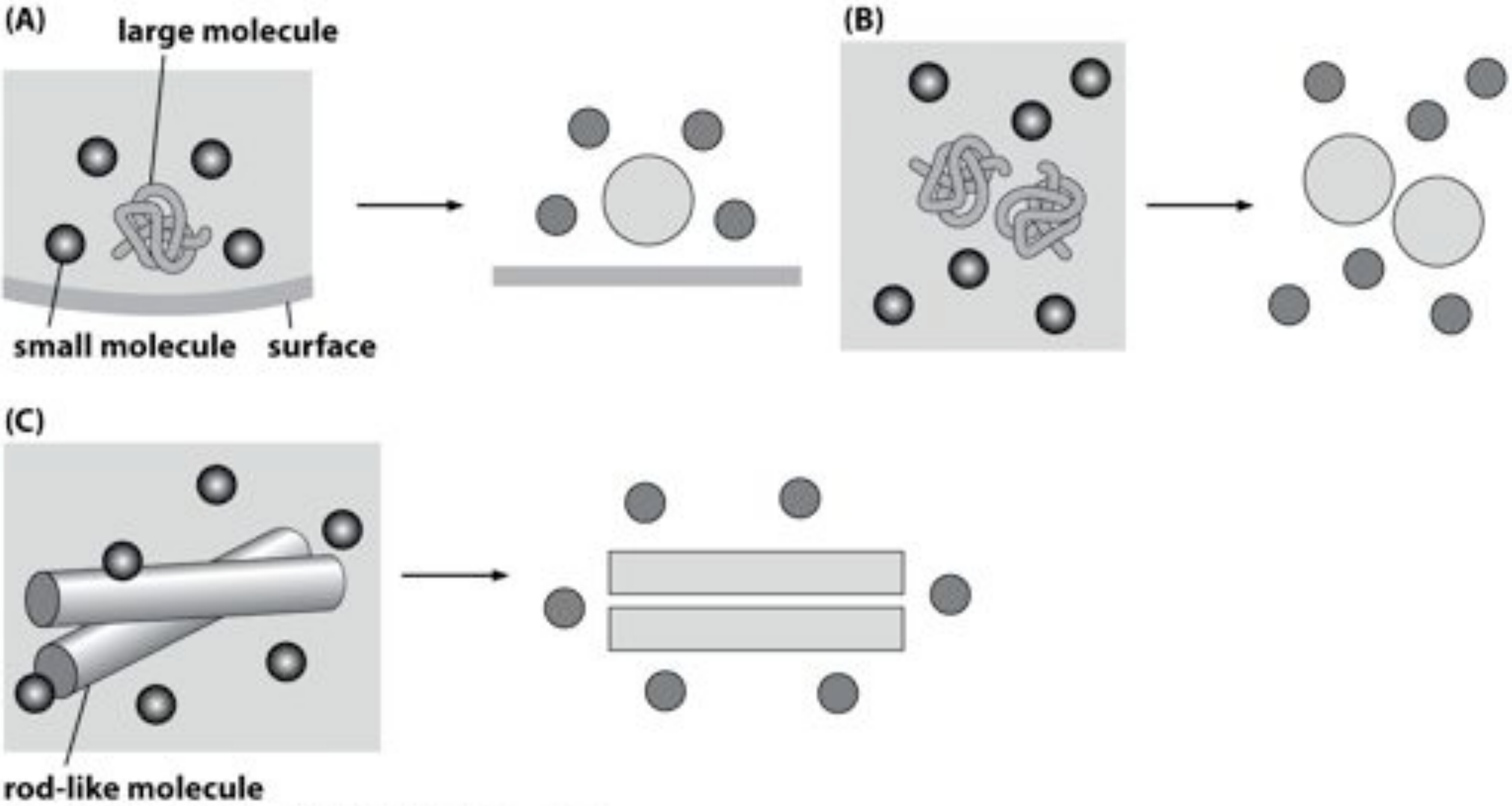


Figure 14.12 Physical Biology of the Cell (© Garland Science 2009)

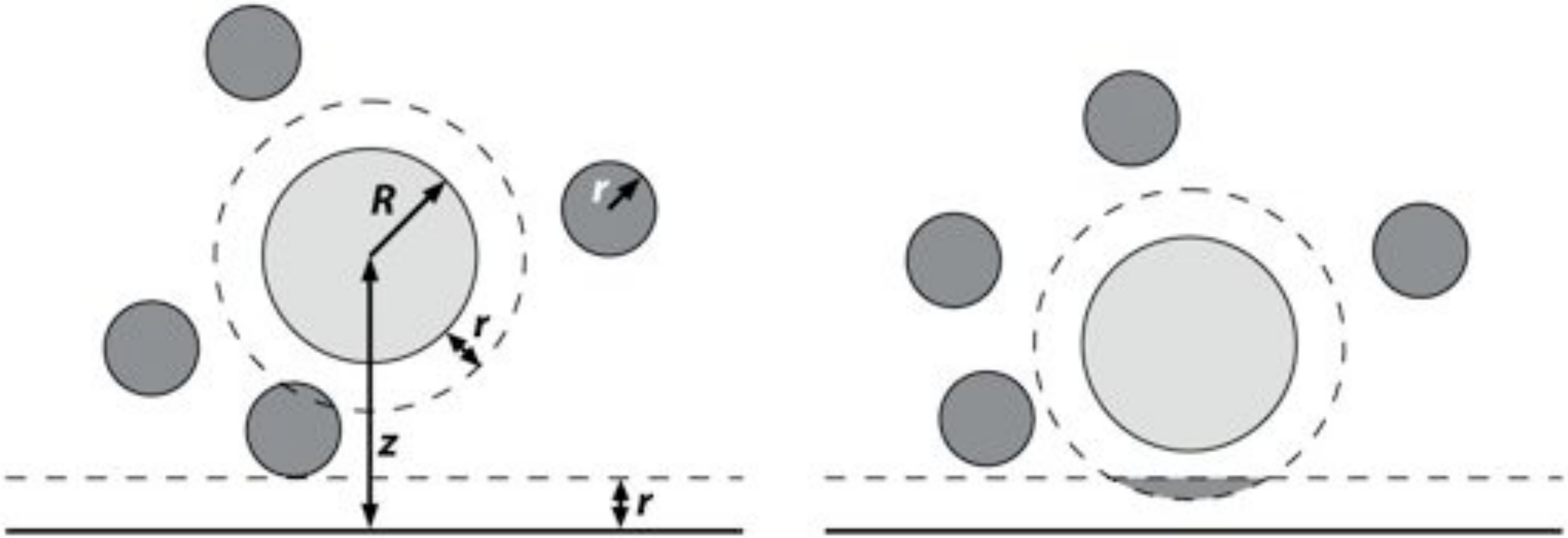


Figure 14.13 Physical Biology of the Cell (© Garland Science 2009)

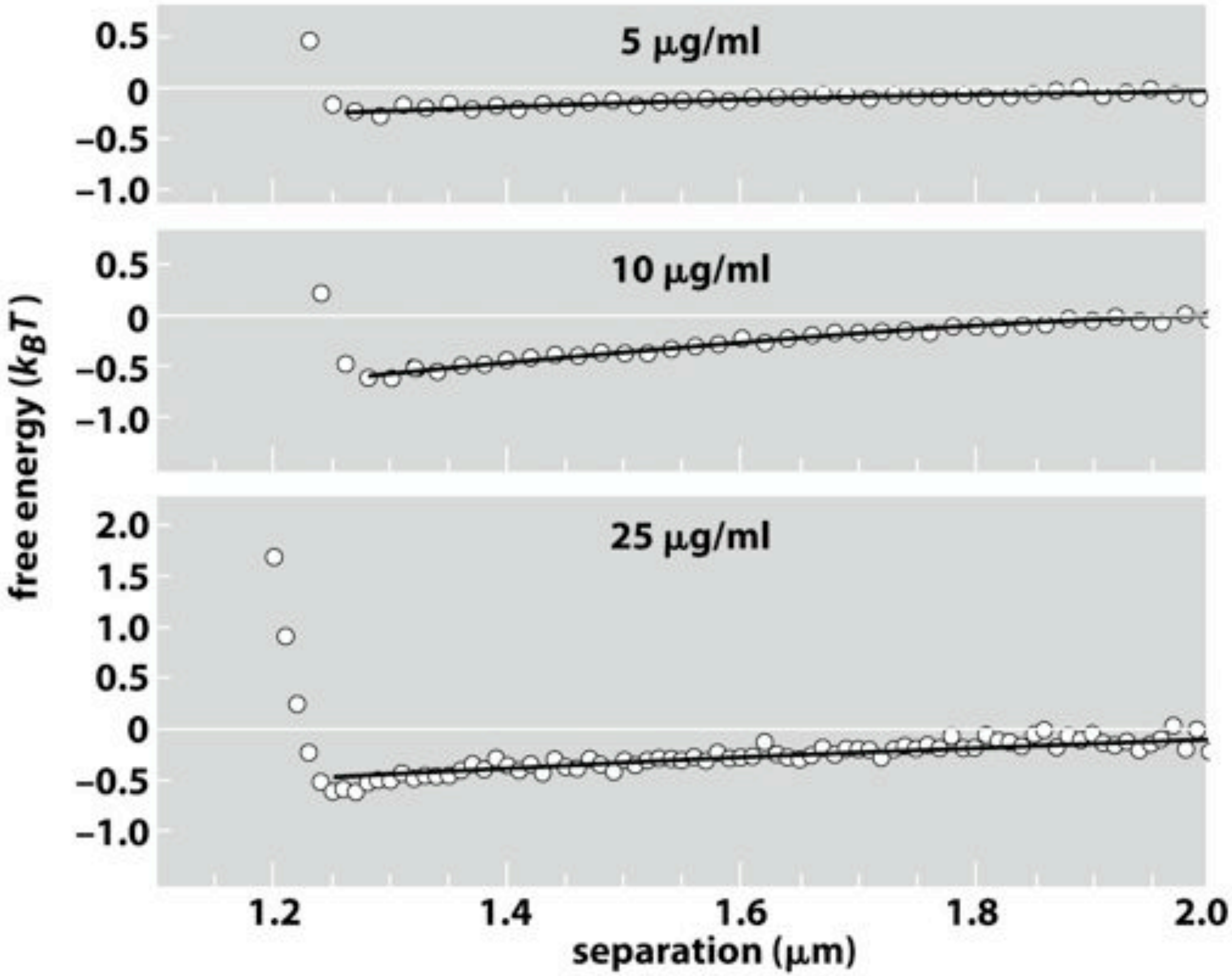


Figure 14.15 Physical Biology of the Cell (© Garland Science 2009)

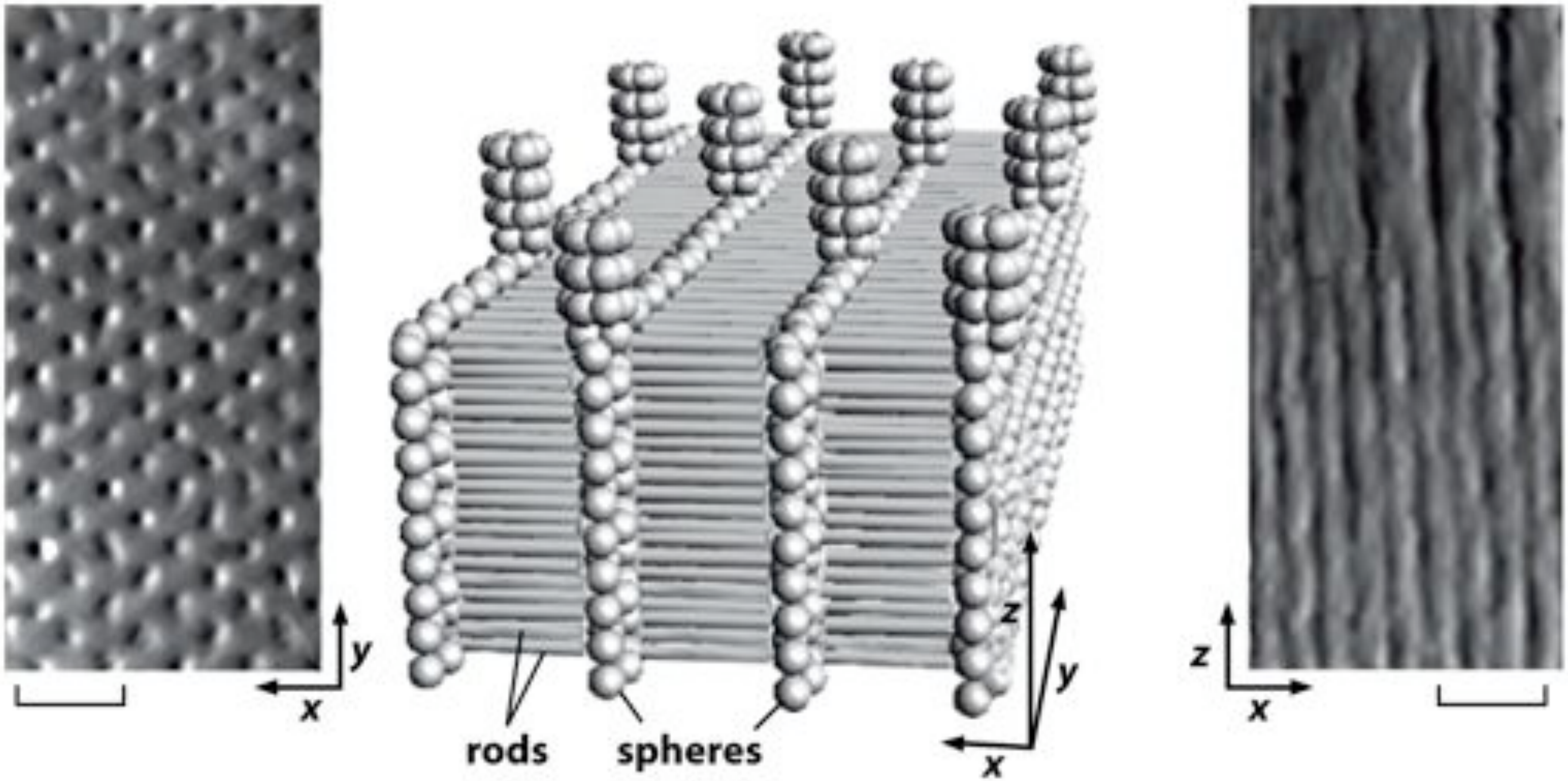


Figure 14.16 Physical Biology of the Cell (© Garland Science 2009)

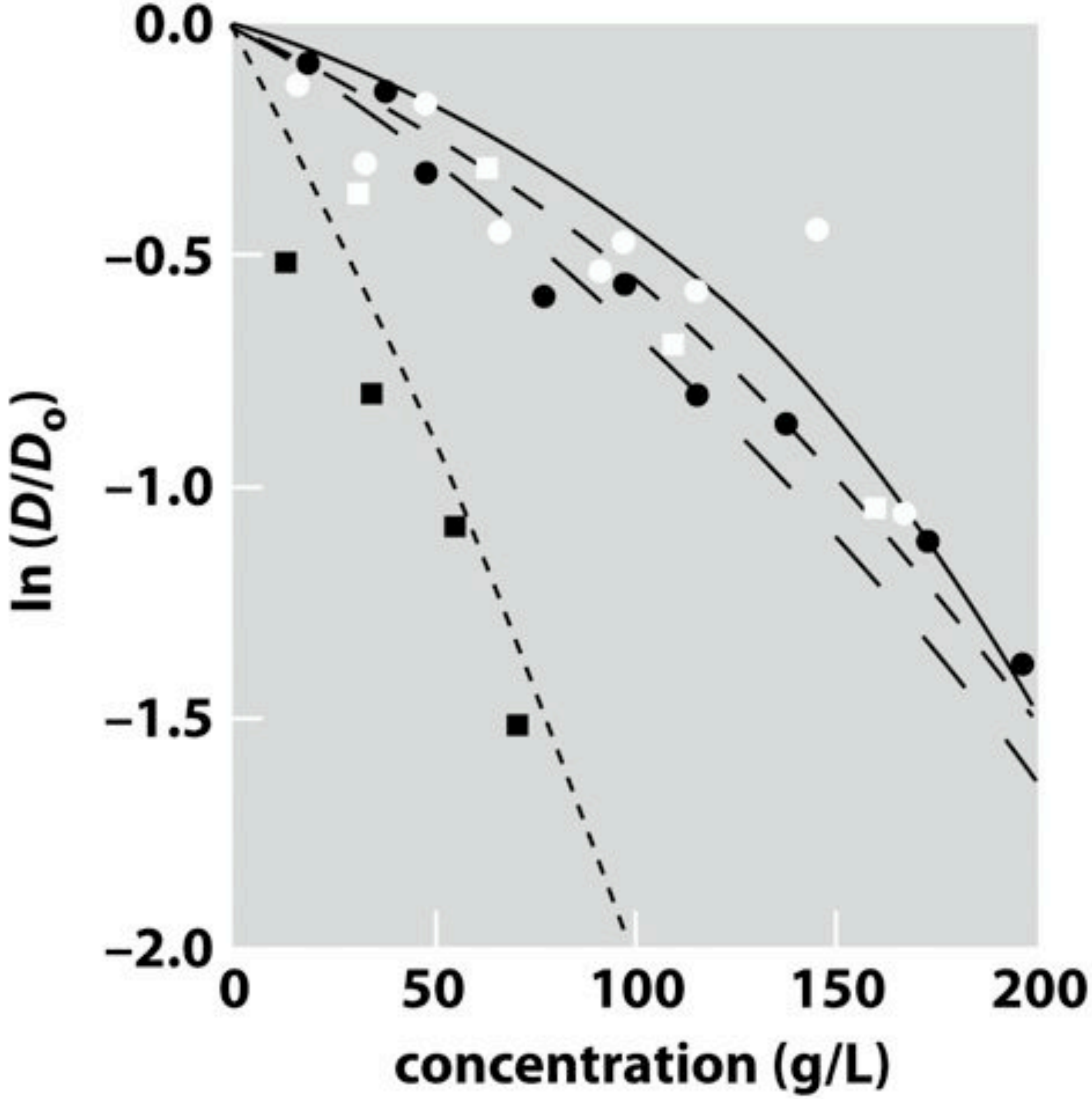


Figure 14.20a Physical Biology of the Cell (© Garland Science 2009)

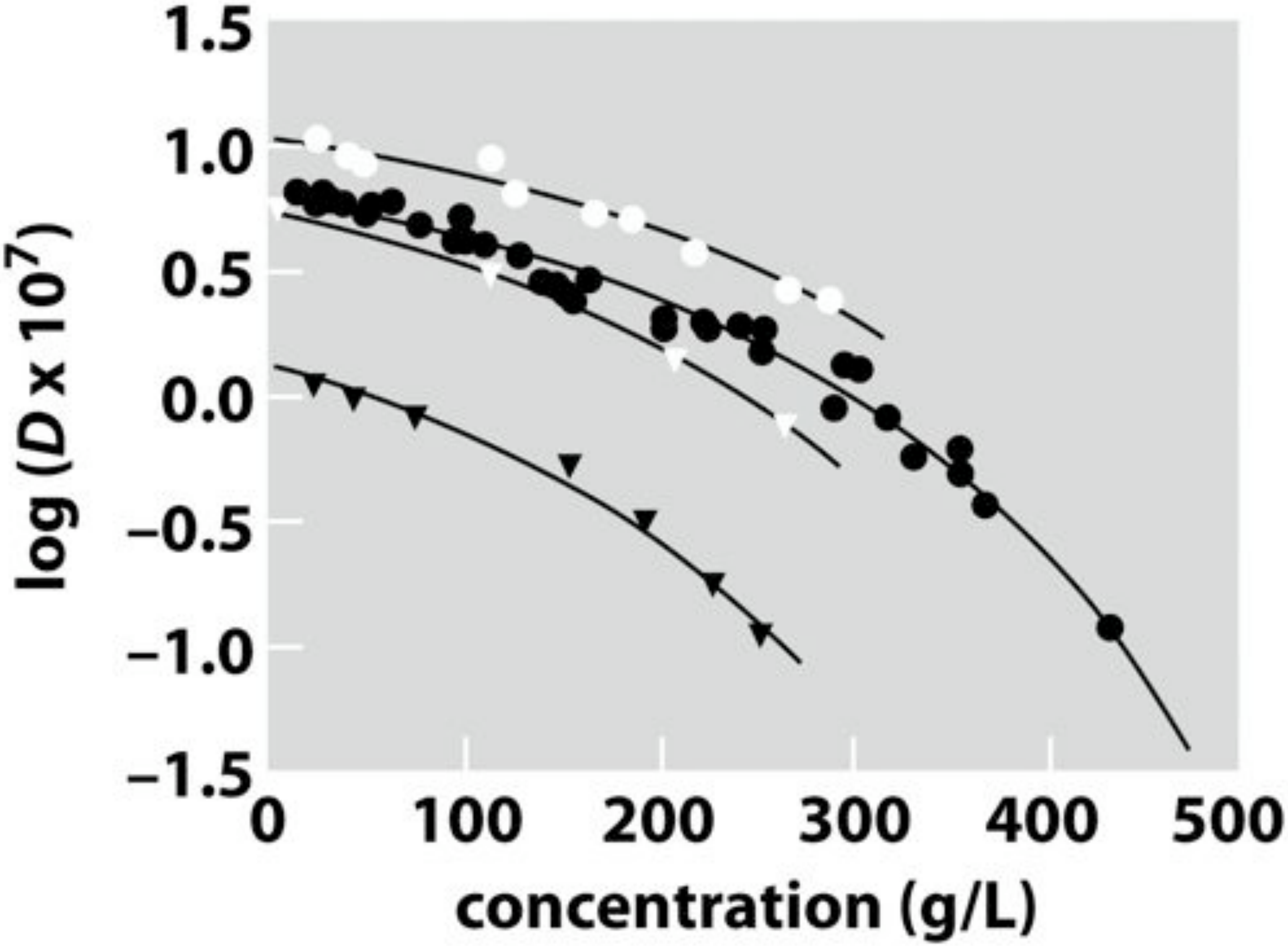


Figure 14.20b Physical Biology of the Cell (© Garland Science 2009)