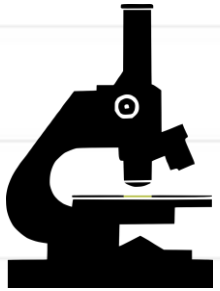


الوحدة الخامسة
الدرس الرابع (5 – 4) :

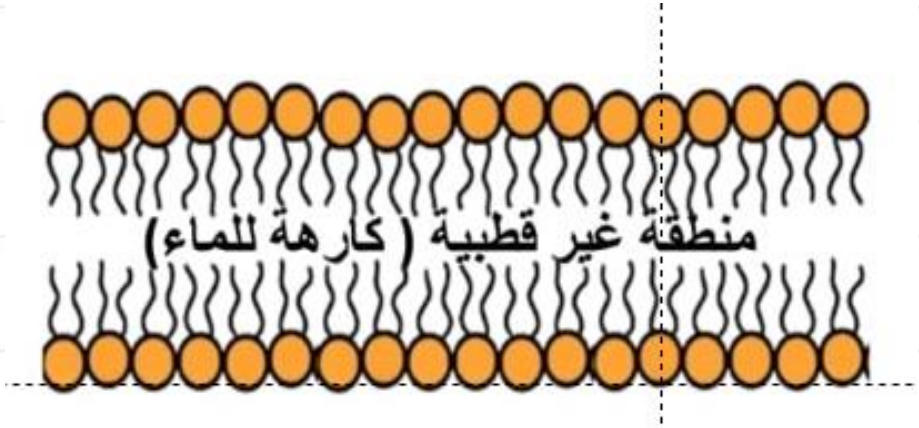
حركة المواد عبر الأغشية

أهداف الدرس :

- يصف ويشرح عمليات: الانتشار البسيط، والانقشار المسهل، والأسموزية، والنقل النشط، والإدخال الخلوي، والإخراج الخلوي.إفراز مواد كيميائية معينة (الربائط) من الخلايا.
- يستقصي الانتشار البسيط والأسموزية باستخدام أنسجة نباتية ومواد غير حية، بما في ذلك أنابيب الديلسة والآجار
- يوضح المبدأ بأن نسبة مساحة السطح إلى الحجم تتناقص مع زيادة الحجم عن طريق حساب مساحة السطح والحجم لأشكال بسيطة ثلاثية الأبعاد.
- يستقصي تأثير التغير في نسبة مساحة السطح إلى الحجم على الانتشار باستخدام كتل آجار بقياسات مختلفة.

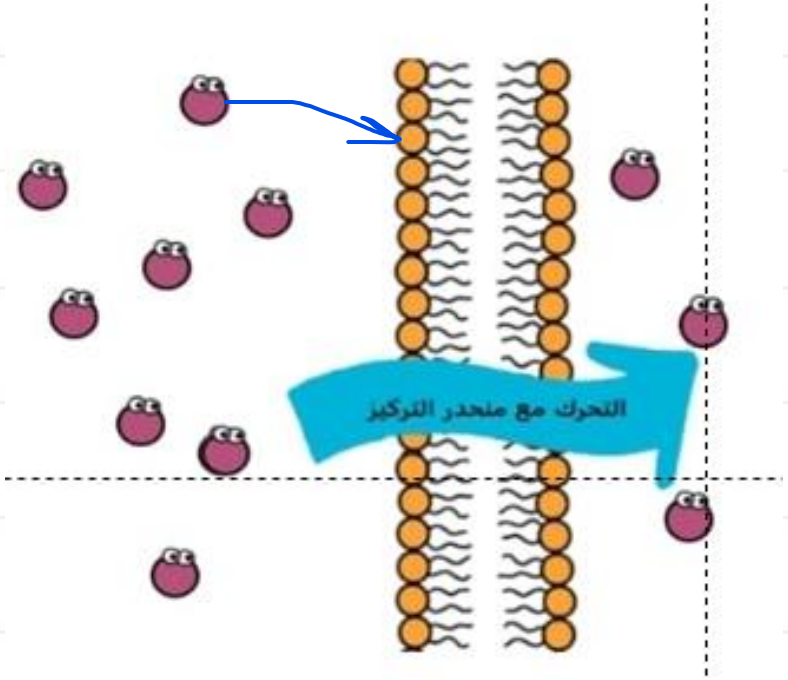
آليات تبادل المواد عبر الأغشية:

طبقتي الدهون المفسفرة المحيطة بالخلايا تكون حاجزا فاعلا جدا، خصوصا في حركة الجزيئات والأيونات الذائبة في الماء، فيمنع مغادرتها !!



و لكن من الضروري حدوث بعض التبادل بين الخلية وبيئتها المحيطة.

الانتشار



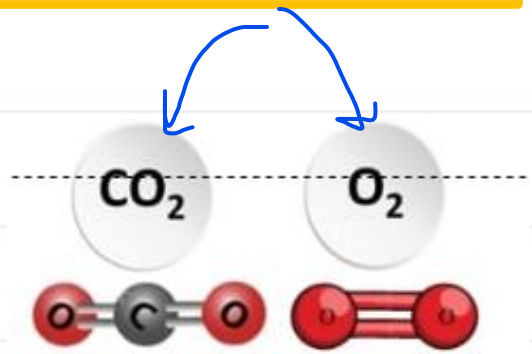
1. تمتلك الجزيئات والأيونات طاقة حركة تجعلها تتحرك حركة عشوائية

2. نتيجة. الحركة العشوائية تتحرك الجزيئات أو. الأيونات من منطقة التركيز العالي إلى منطقة التركيز المنخفض (مع منحدر التركيز).

3. ونتيجة للانتشار، تميل الجزيئات أو الأيونات للوصول إلى حالة الاتزان، حيث تتوزع بالتساوي داخل حجم ما.

المواد التي تتحرك بالإنتشار

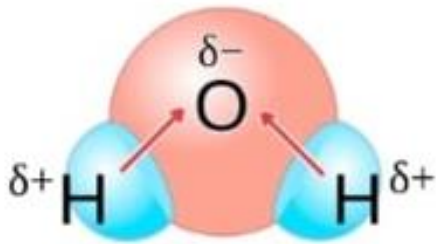
1 غازات الجهاز التنفسي



عديمة الشحنة وغيرقطبية
وبالتالي يمكنها عبور الطبقة الثنائية للدهون المفسفرة بين جزيئات الدهون

2 جزيئات الماء

على الرغم من أنها عالية القطبية، إلا أنها تنتشر بسرعة عبر الطبقة الثنائية للدهون المفسفرة لأنها صغيرة بما يكفي للمرور عبرها



3 الجزيئات الكارهة للماء

فيمكنها عبور الأغشية لأن الوسط الداخلي من الغشاء كاره للماء.

العوامل المؤثرة على معدل إنتشار المادة:

1. الفرق في منحدر التركيز
2. درجة الحرارة
3. طبيعة الجزئيات أو الأيونات
4. مساحة السطح

الفرق في منحدر التركيز

إذا كان هناك تركيز عال من جزيئات المادة على أحد جانبي الغشاء مقارنة بالجانب الآخر

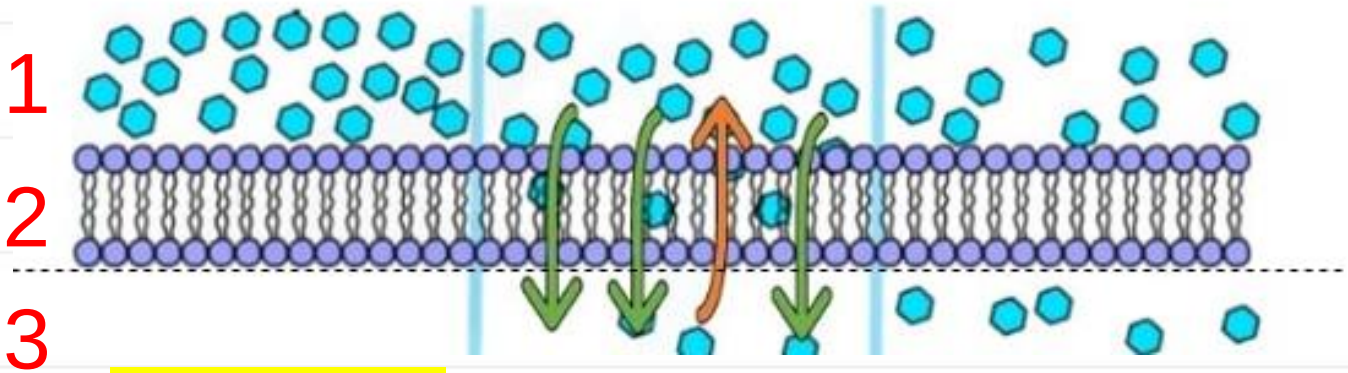
=

الفرق في منحدر التركيز على جانبي الغشاء كبيرا

معدل انتشار المادة أسرع

علاقة طردية

تركيز عالي



تركيز منخفض

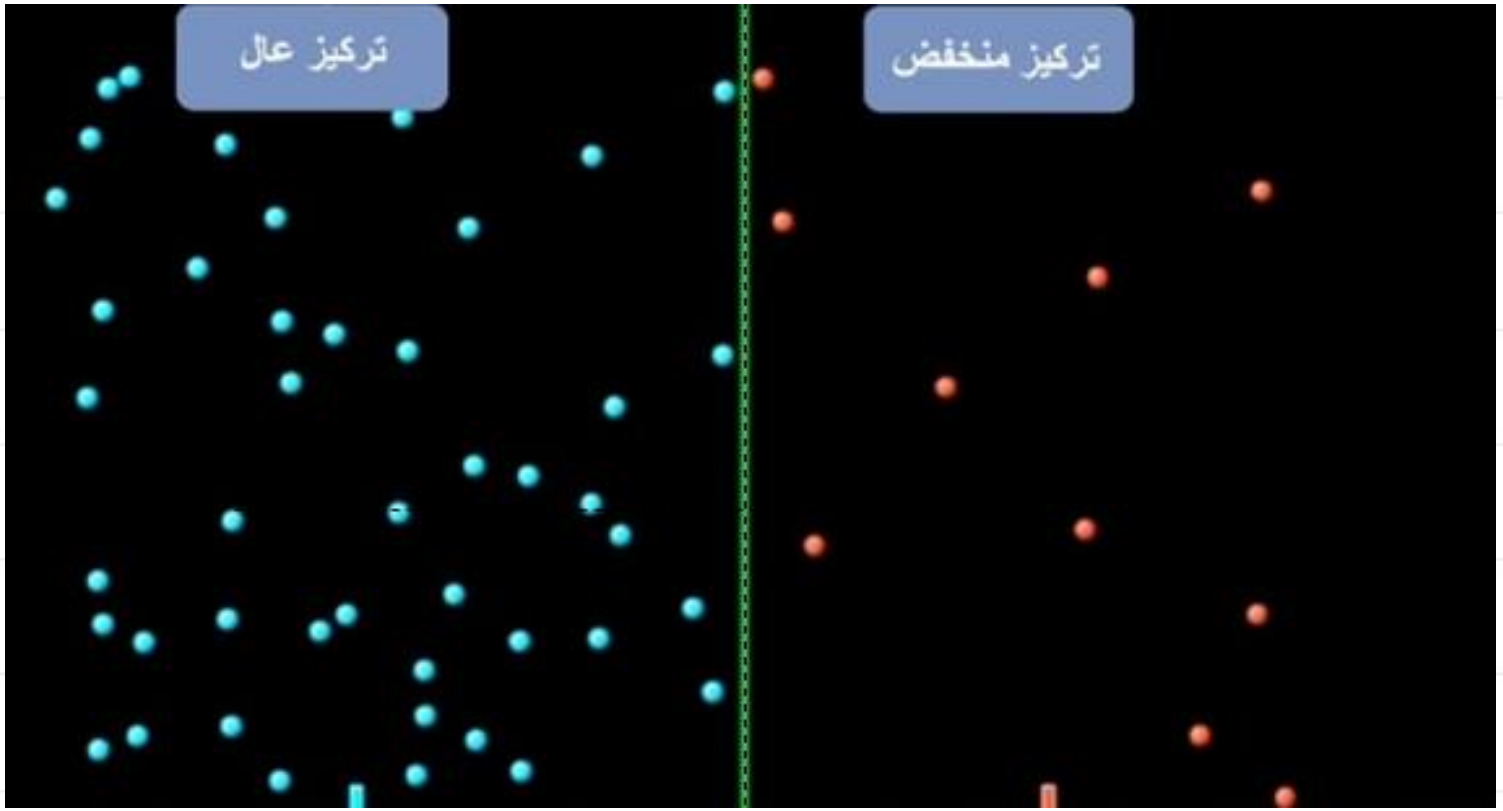
الزمن

بمعنى أنه حتى مع تحرك الجزيئات في كلا الاتجاهين، سيتحرك أكثرها باتجاه واحد مقارنة باخر اعتمادا على منحدر التركيز.

كلما كان الفرق في منحدر التركيز على جانبي الغشاء كبيراً

فسيكون هناك محصلة حركة للجزيئات، من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل

الفرق في منحدر التركيز



- **مصطلحات علمية :**

الانتشـــار Diffusion:

محصـــلة الحركـــة للجزيئـــات أو الأيونـات مـن المنطقـة ذات التركيـز الأعلـى إلـى المنطقـة ذات التركيـز الأقـل، نتيجـة الحركـة العشـوائية للجسيمات (الجزيئات والأيونات).

توجد محصلة حركة للجزيئات، من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل

تتحرك الجزيئات في كلا الاتجاهين، ولكن سيتحرك أكثرها باتجاه واحد مقارنة بالآخر اعتماداً على منحدر التركيز.

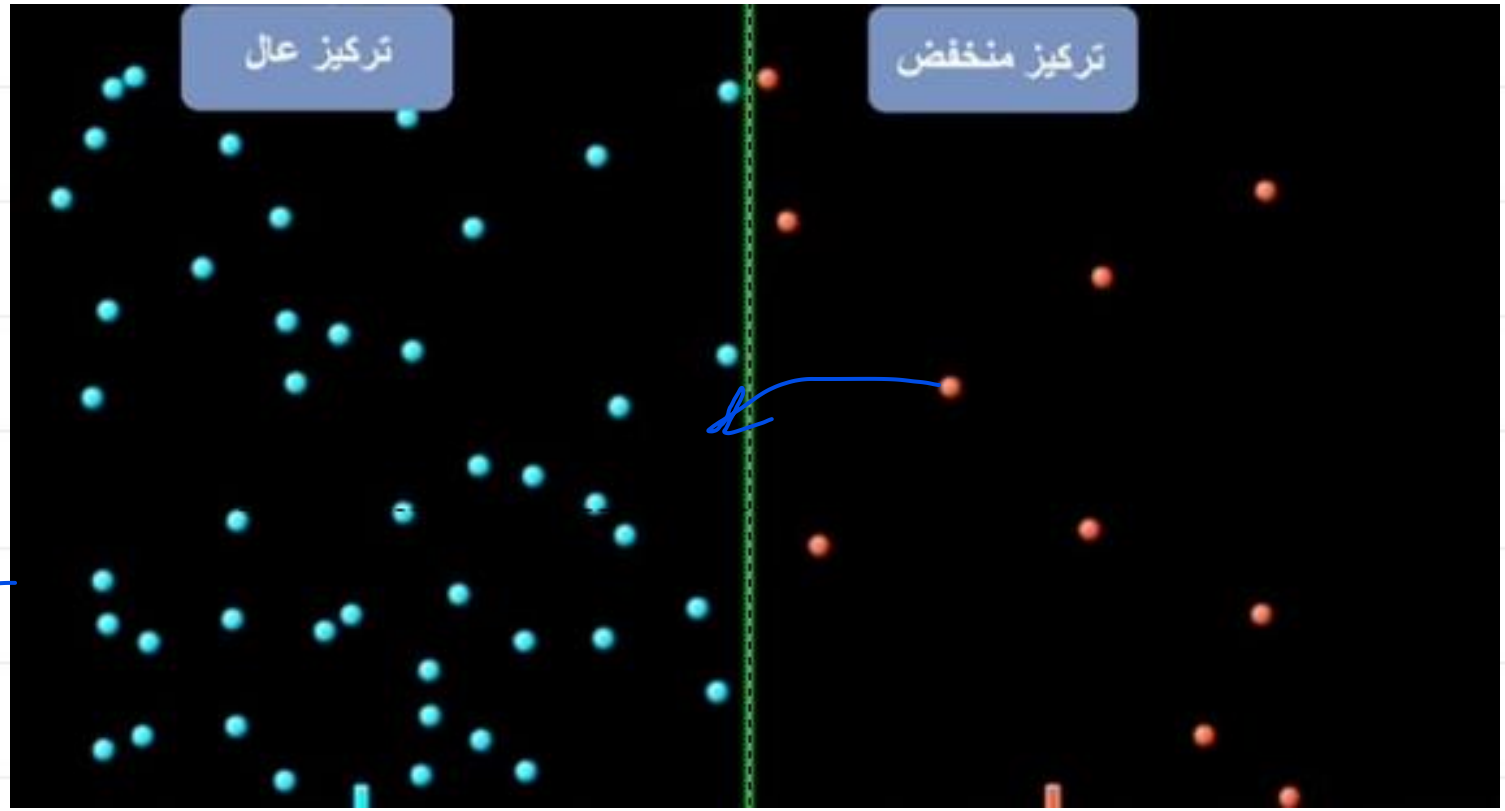
درجة الحرارة

في درجات الحرارة المرتفعة تمتلك الجزيئات والأيونات طاقة حركية أعلى مما هي عليه في درجات الحرارة المنخفضة

وبالتالي تتحرك بشكل أسرع

معدل انتشار المادة أسرع

علاقة طردية

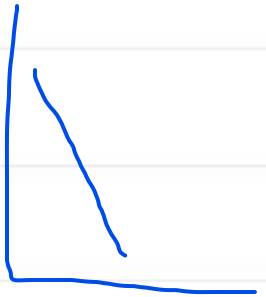


A درجة حرارة أقل

B درجة حرارة أعلى

طبيعة الجزيئات والأيونات

الحجم



أيهما سينتشر بسهولة أكبر عبر الأغشية:

الجزيئات الكبيرة أم الصغيرة ؟

الجزيئات الصغيرة

لأن الجزيئات الصغيرة تحتاج للقليل من الطاقة لتتحرك مقارنة بالجزيئات الكبيرة

علاقة عكسية

القطبية

أيهما سينتشر بسهولة أكبر عبر الأغشية:

الجزيئات القطبية أم غير القطبية ؟

الجزيئات غير القطبية مثل الجليسرول والكحول والهرمونات الإستيرويدية

لأنها قابلة للذوبان في ذيول الدهون المفسفرة غير القطبية.

مساحة السطح الذي يحدث عبره الإنتشار

كيف يمكن زيادة مساحة سطح غشاء الخلية ؟

كلما زادت مساحة السطح

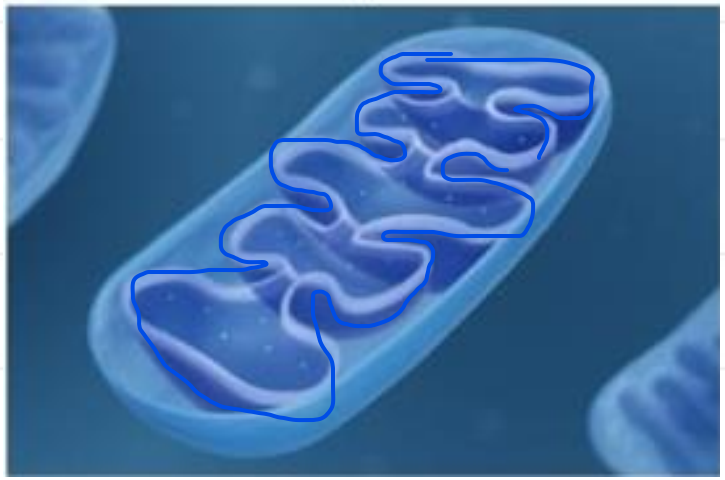
زاد عدد الجزيئات أو الأيونات التي يمكنها عبوره في أية لحظة

يحدث الانتشار بشكل أسرع.

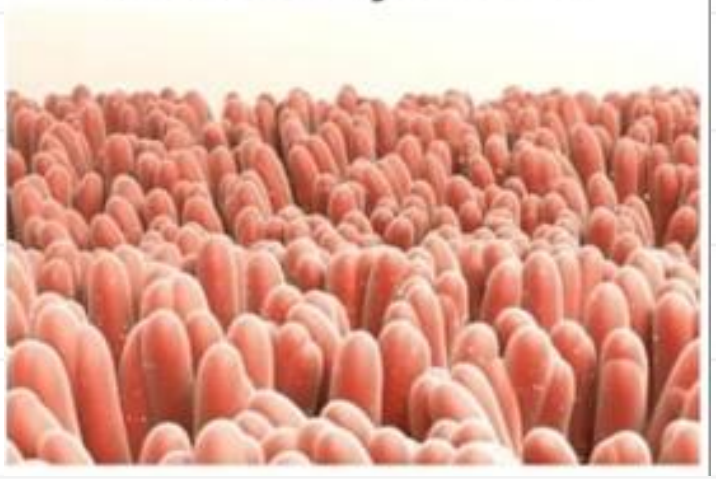
علاقة طردية

بالثنى، كما في التالي:

الأعراف في الميتوكندريا



الخملات في بطانة الأمعاء



مساحة السطح الذي يحدث عبره الإنتشار

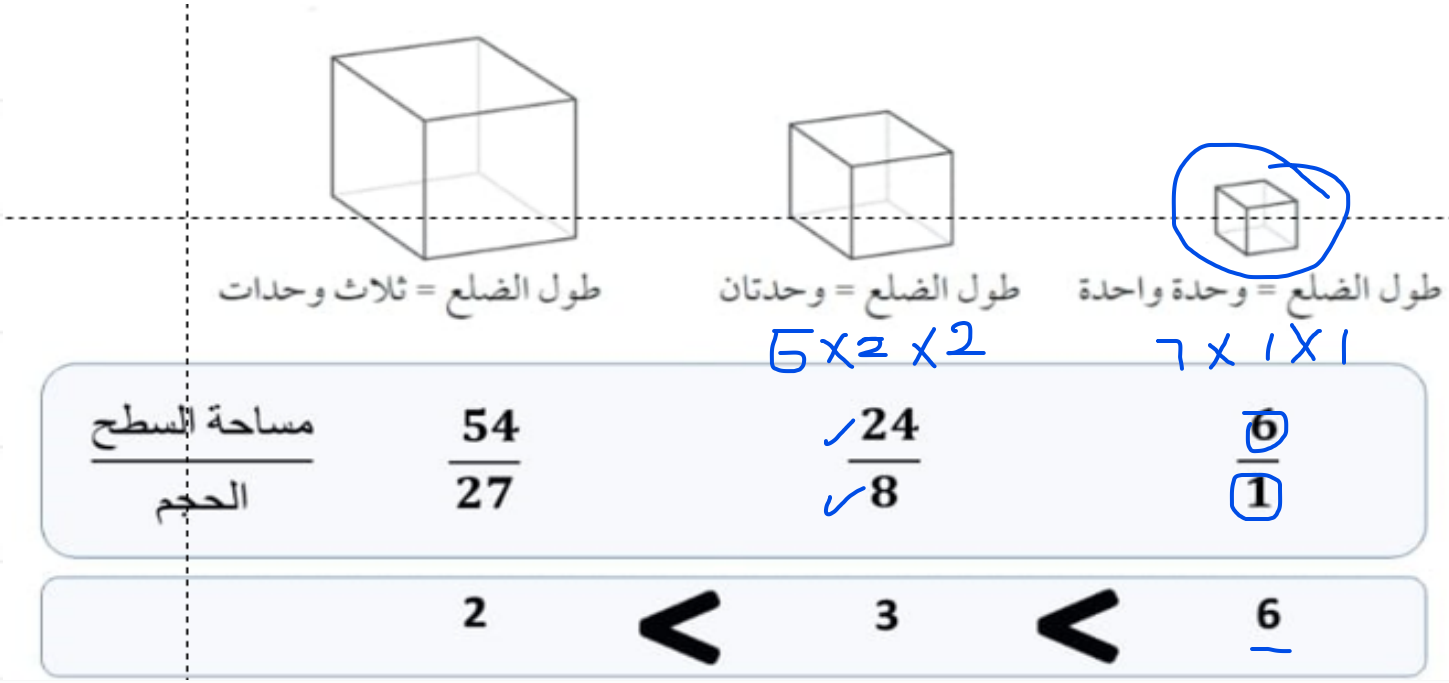
مهم

تقل نسبة مساحة السطح إلى الحجم مع زيادة حجم (قياس) أي جسم ثلاثي الأبعاد.

ماذا سيحدث للنسبة بين مساحة سطح الخلية إلى حجمها مع نمو الخلية (زيادة حجمها) ؟

مساحة سطح المكعب =
الطول* العرض * ٦ أوجه

حجم المكعب =
الطول* العرض * الإرتفاع

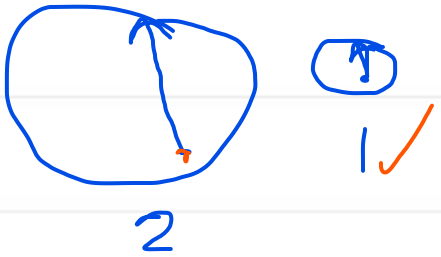


مساحة السطح الذي يحدث عبره الإنتشار

كلما زاد حجم الخلية ← زادت مسافة الإنتشار ← يصبح الإنتشار غير فعال

يكون الانتشار فعالاً فقط في المسافات القصيرة جداً

يزداد الزمن الذي تستغرقه الجزيئات؛ لقطع مسافة انتشار أطول



مثال جزيء الحمض الأميني يمكن أن ينتقل بضعة ميكرومترات في عدة ثوان، لكنه قد يستغرق عدة ساعات لينتشر 10 000 ميكرومتر (سنتيمتر واحد)

لهذا معظم الخلايا صغيرة جداً

ولا يزيد قطر معظم الخلايا حقيقية النواة عن 50 ميكرومتر، في حين أن الخلايا بدانية النواة تكون أصغر.

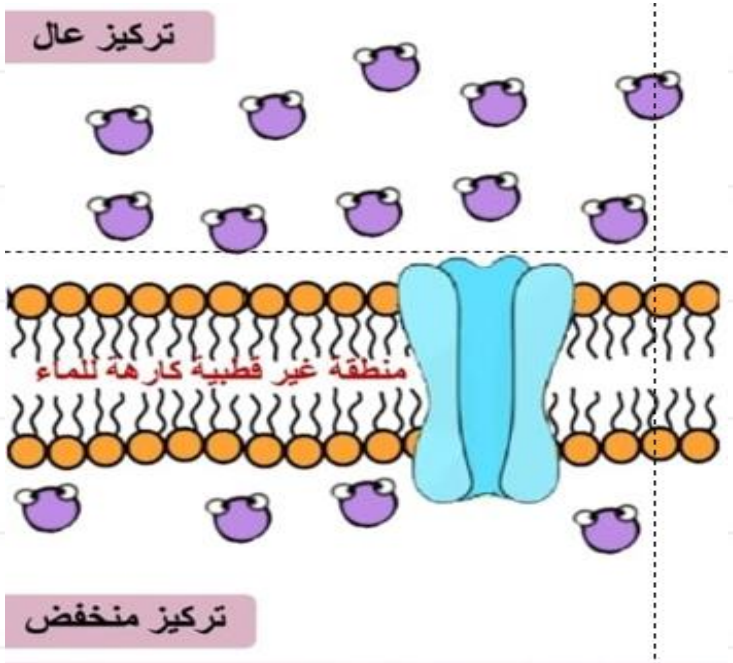
أما إذا كانت الخلية التي تتنفس هوانيا كبيرة جداً فسينفد منها غاز الأكسجين بسرعة وتموت.

الإنتشار المسهل

هل يمكن للجزيئات القطبية الكبيرة مثل الجلوكوز والأحماض الأمينية والأيونات مثل الصوديوم + Na أو الكلوريد - Cl أن تنتشر عبر الطبقة الثنائية للدهون المفسفرة؟

لا

لأن طبقتي الدهون المفسفرة تكون حاجزا فاعلا جدا ضد حركة الجزيئات والأيونات الذائبة في الماء.



إذن كيف ستعبر غشاء الخلية ؟

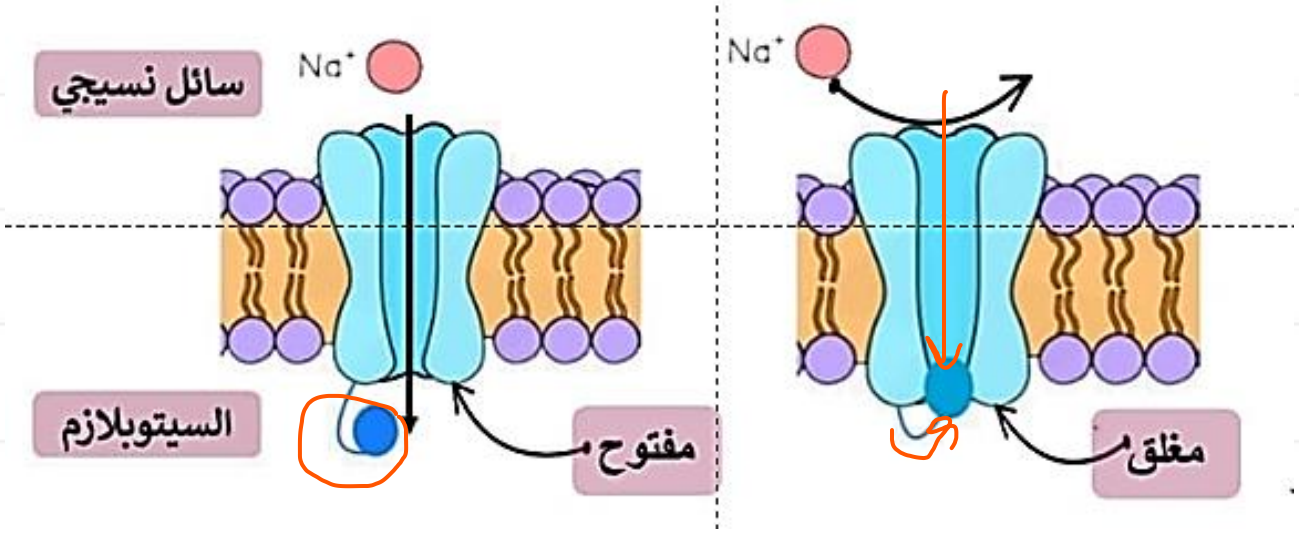
بمساعدة جزيئات بروتين معينة سهلت عملية الانتشار.

- البروتينات القنوية
- البروتينات الحاملة

وكل بروتين قنوي أو بروتين حامل متخصص جدا، حيث يسمح لنوع يين من الجزيئات أو الأيونات بالمرور عبره.

ما هو الإنتشار المسهل :

انتشار مادة بوساطة بروتين ناقل (بروتين قنوي أو بروتين حامل) في غشاء الخلية. يوفر البروتين مناطق محبة للماء التي تسمح للجزيء أو الأيون بالمرور عبر الغشاء، والتي بدونه يكون لها أقل نفاذية.



جزءا من جزيء البروتين على الجانب الداخلي للغشاء يمكن أن يتحرك ليغلق المسام أو يفتحها، مثل **البوابة**، الأمر الذي يسمح بالتحكم في تبادل الأيونات.

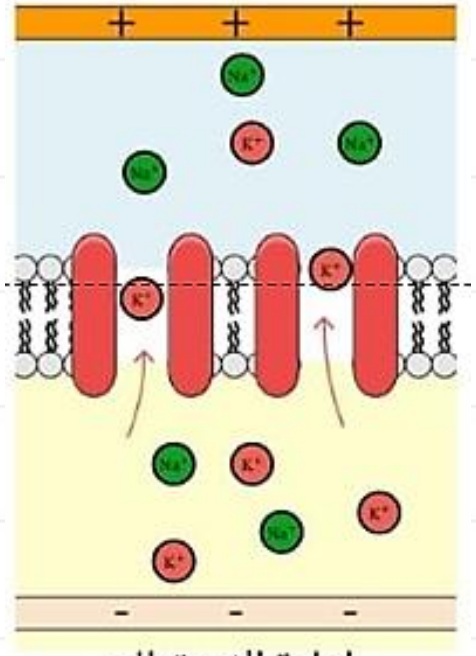
بروتينات قنوية

- لها شكل ثابتا
- لها مساماً ممتلئة بالماء... كجزء من تركيبها
- تسمح للمواد المشحونة، وعادة الأيونات، بالانتشار عبر الأغشية
- معظم البروتينات القنوية مبوبة أو ذات أبواب Gated

البروتينات الناقلة

من الأمثلة على ذلك، البروتينات المبوبة الموجودة في أغشية سطح الخلية العصبية.

أنواع البروتينات المبوبة في غشاء سطح الخلية العصبية

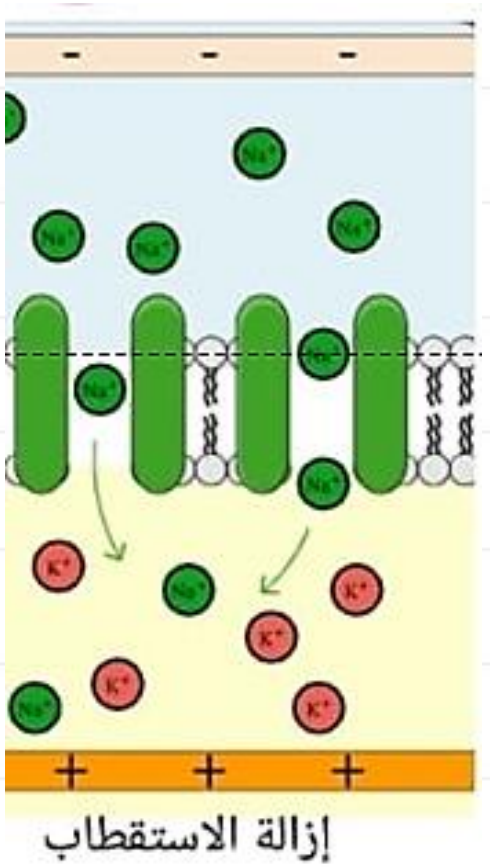


نوع واحد منهما يسمح بدخول أيونات الصوديوم Na

أثناء إحداث جهد الفعل
potential Action

ونوع آخر يسمح بخروج أيونات البوتاسيوم K+

أثناء إعادة الاستقطاب
Repdlarisation



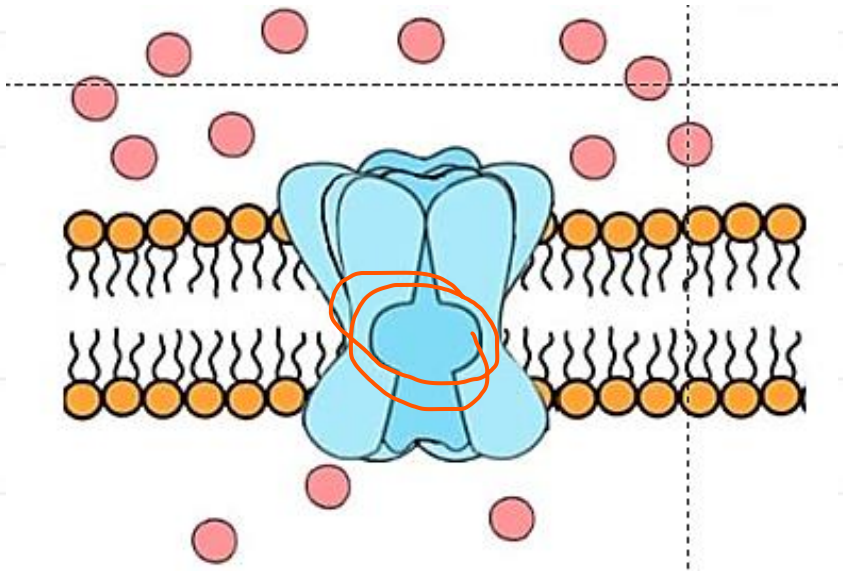
تتكون بعض القنوات من بروتين مفرد، وتتكون أخرى: من عدة بروتينات مجتمعة. وتتطلب بعض البروتينات القنوية المبوبة طاقة ATp لتشغيل البوابة

البروتين القلوي protein Channel

بروتين غشائي له شكل بثابت يحتوي على مسام ممتلئ بالماء يمكن من خلاله للأيونات أو الجزيئات المنتقاة والمحبة للماء المرور بالانتشار المسهل أو النقل النشط.

البروتينات الحاملة

لها شكل غير ثابت، فهي تتقلب بالتناوب بين لشكلين



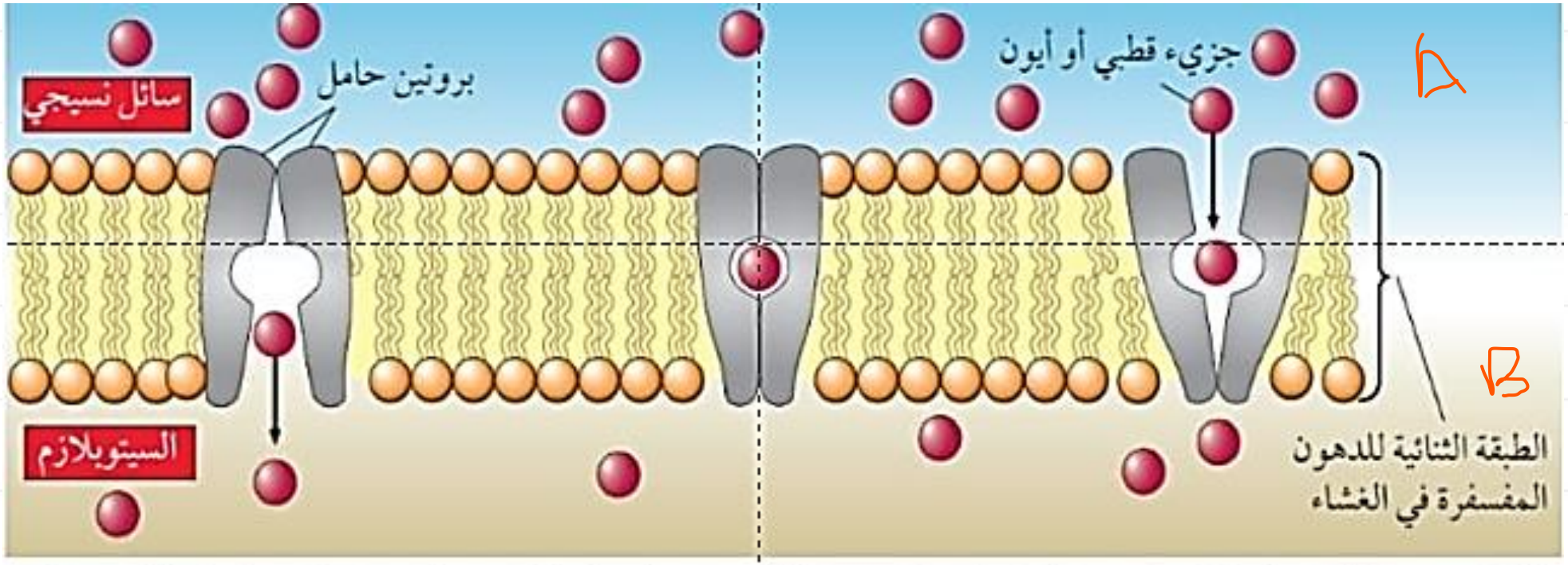
ونتيجة لذلك، يفتح موقع الارتباط بالتناوب، على أحد جانبي الغشاء، ثم على الجانب الآخر بما يسمح للجزيء أو الأيون بعبور الغشاء

وتغير بعض البروتينات الحاملة، شكلها تلقانيا، الأمر الذي يسمح بحدوث الانتشار المسهل

كما تعمل بعض البروتينات الحاملة كمضخات pumps تتطلب طاقة وتشارك في النقل النشط

البروتينات الحاملة

البروتين الحامل .... Carrier protein بروتين غشائي يغير شكله. ليسمح بمرور أيونات أو جزيئات معينة إلى داخل الخلية أو خارجها بالانتشار المسهل أو النقل النشط.



الشكل ٥-٦ التغيّرات في شكل البروتين الحامل أثناء الانتشار المسهّل. يحدث في هذه الحالة محصلة انتشار للجزيئات أو الأيونات في الخليّة مع منحدر التركيز.

معدل الانتشار عبر البروتينات القنوية والحاملة

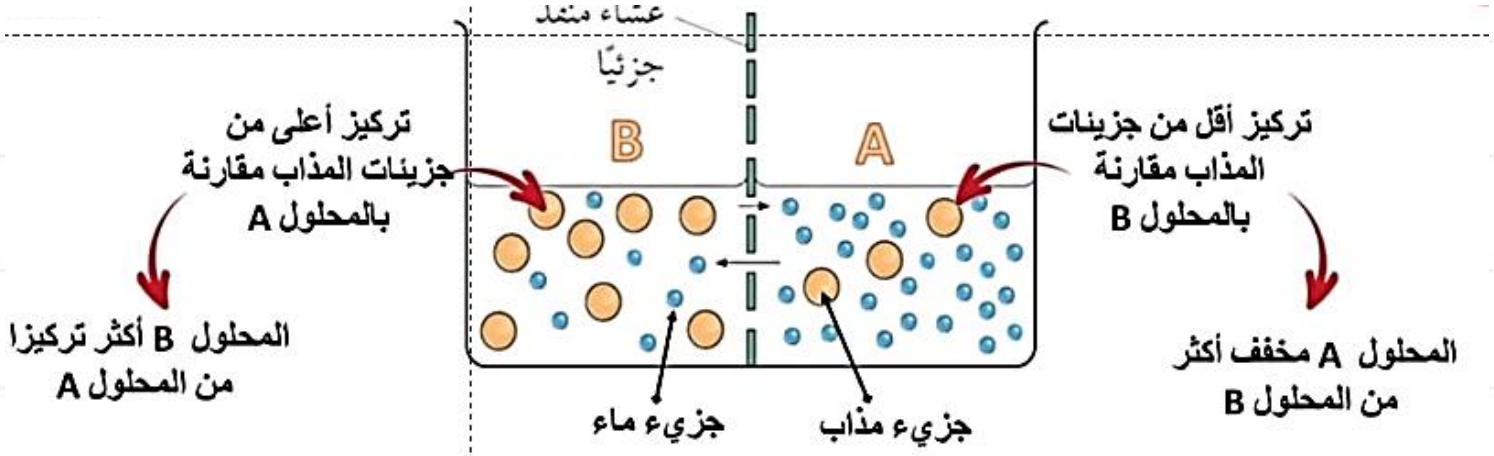
يعتمد اتجاه حركة الجزيئات عند إنتشارها عبر الغشاء على :

- تركيز الجزيئات النسبي على كل جانب من جانبي الغشاء
  - فهي تتحرك مع منحدر التركيز من التركيز الاعلى إلى التركيز الأقل
- عدد جزيئات البروتينات القوية أو البروتينات الحاملة الموجودة في الغشاء
- وما إذا كانت البروتينات القنوية مفتوحة أم لا.

الاسموزية : الأسموزية و Osmosi نوع خاص من الانتشار يشمل فقط جزيئات الماء

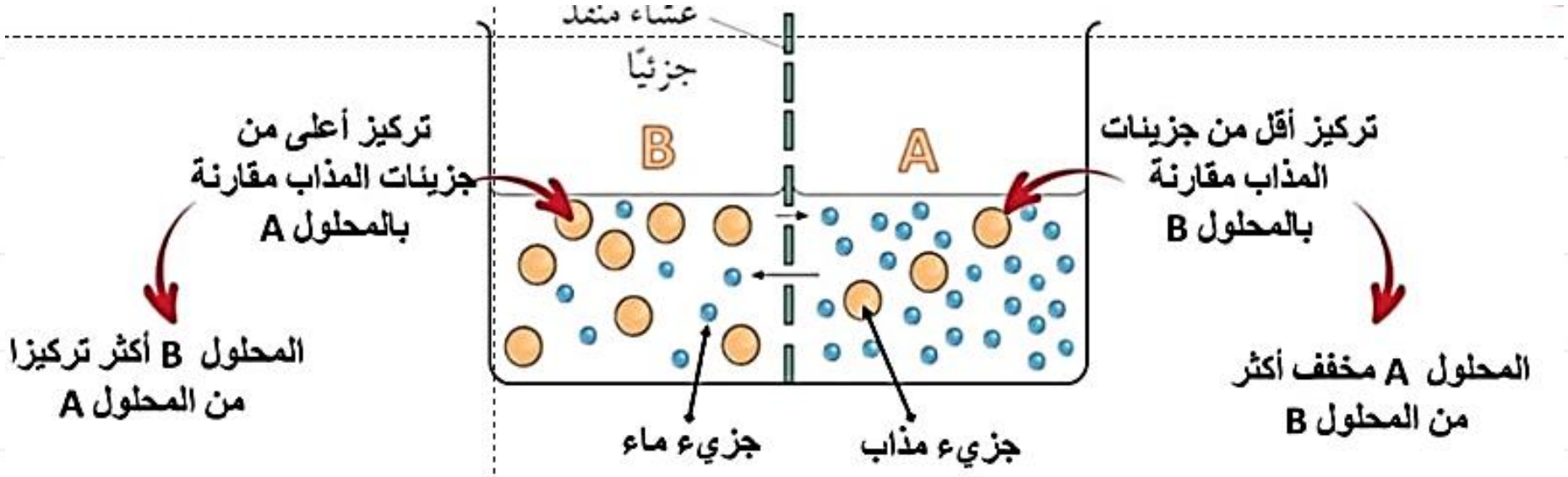
يبين الشكل محلولين تم فصلهما بغشاء منفذ جزئيا. يسمح هذا الغشاء لجزيئات معينة فقط بالمرور خلاله، تماما مثل أغشية الخلايا الحية.

الفرق بين المحلول A و المحلول B :



تخيل ما سيحدث لو لم يكن الغشاء موجوداً

- سيتحرك كل من الجزيئات المذابة وجزيئات الماء عشوائيا وبحرية في أي مكان داخل المحلولين.
- ومع تحركها عشوائيا، سوف تتوزع جزيئات الماء وجزيئات المذاب بالتساوي في جميع أنحاء الحيز المتاح بالانتشار.
- وعند الوصول الى حالة الاتزان سيكون تركيز المحلول نفسه في A , B



ولكن مع وجود الغشاء المنفذ جزئيا :

ما هي الجزيئات التي لن تستطع عبور الغشاء ؟

جزيئات المذاب لان حجمها كبير بحيث لا يمكنها عبور الغشاء إذ تتحرك جزيئات المذاب بشكل عشوائي، لكنها عندما تصطدم بالغشاء فإنها ببساطة ترتد مرة أخرى، ليبقى عدد جزيئات المذاب على جانبي الغشاء نفسه

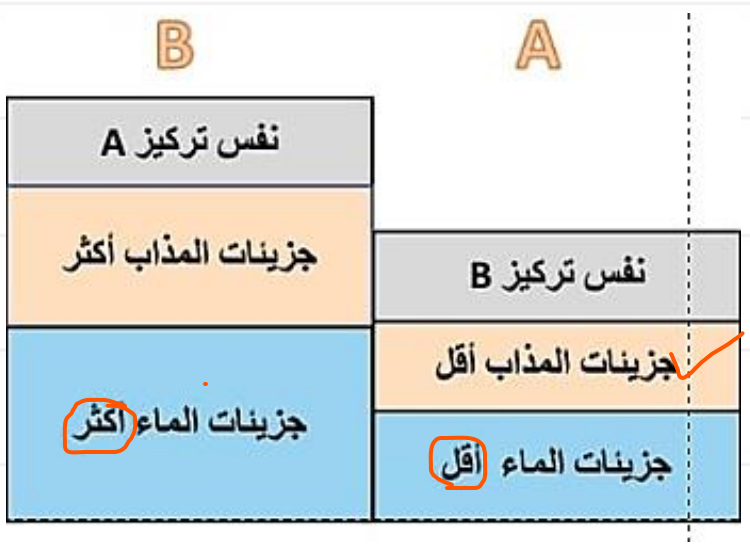
ما هي الجزينات التي ستستطيع عبور الغشاء ؟

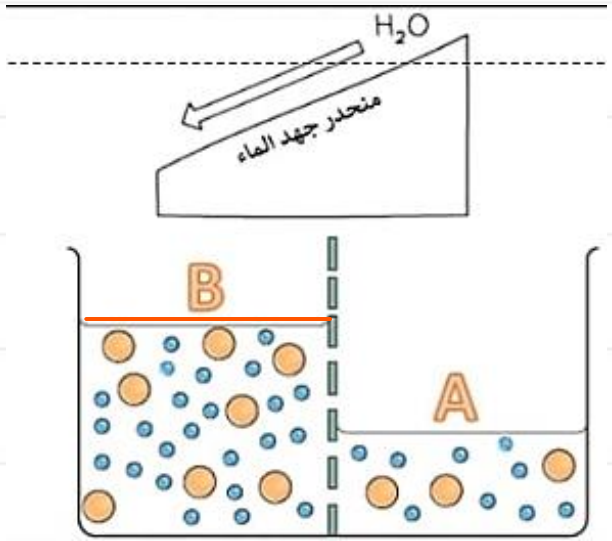
ستعبر جزيئات الماء فقط إذ أنها تتحرك أيضا بشكل عشوائي، لكنها قادرة على الانتقال من A إلى B ومن B إلى A وبمرور الزمن، ستميل جزيئات الماء إلى الانتشار أكثر بالتساوي بين Aو B

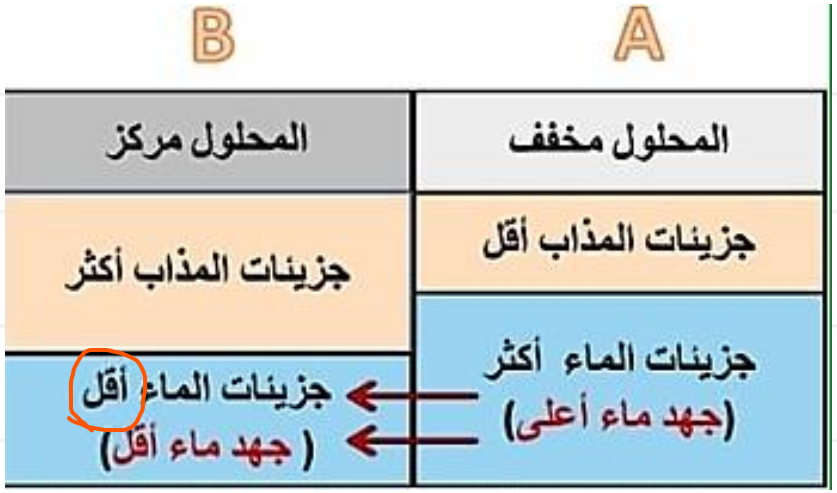
سيقل حجم السائل في Aلأنه يحتوي الآن على العدد نفسه من جزيئات المذاب، لكن مع مقدار أقل من جزيئات الماء. مما يجعل المحلول أكثر مركزا بالمذاب

سيزداد حجم السائل في B لأنه يحتوي الآن على العدد نفسه من جزيئات المذاب، لكن مع مقدار أكبر من جزيئات الماء. مما يجعل المحلول مخففا عن السابق

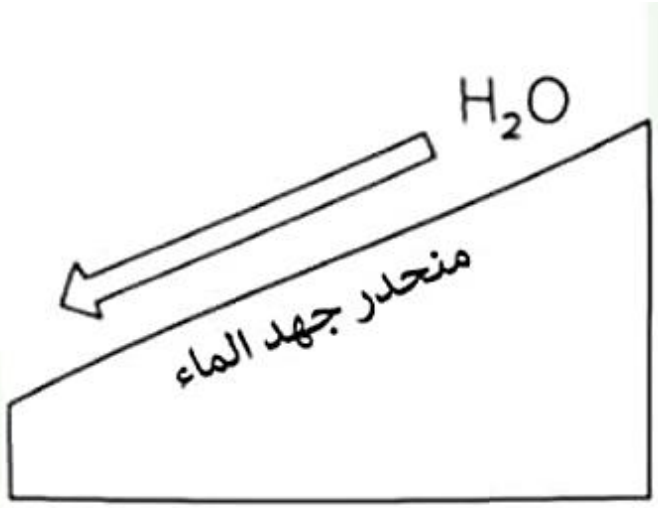
سيكون للمحلولين في A و B تركيز متقارب إلى حد كبير.







جهد الماء



ينتقل الماء دائما من منطقة ذات جهد ماء مرتفع إلى منطقة ذات جهد ماء منخفض. لذا يتحرك الماء دائما مع منحدر جهد الماء.

جهد الماء

يستخدم الحرف اليوناني ساي للتعبير عنه

قابلية أو ميل الماء إلى الانتقال من مكان إلى آخر

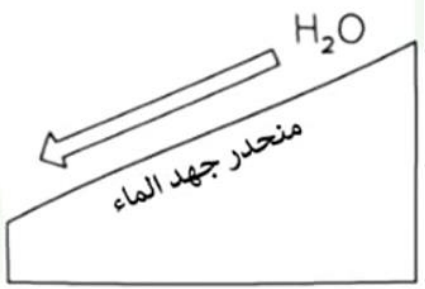
سيتحرك الماء إلى أن يتساوى جهد الماء في كل الحيز الموجود فيه، وعند هذه النقطة يمكن القول إنه تم الوصول إلى الاتزان.

يعتمد جهد الماء بالإشارة إلى الأسموزية على عاملين:

- تركيز المحلول.
- مقدار الضغط المؤثر عليه.

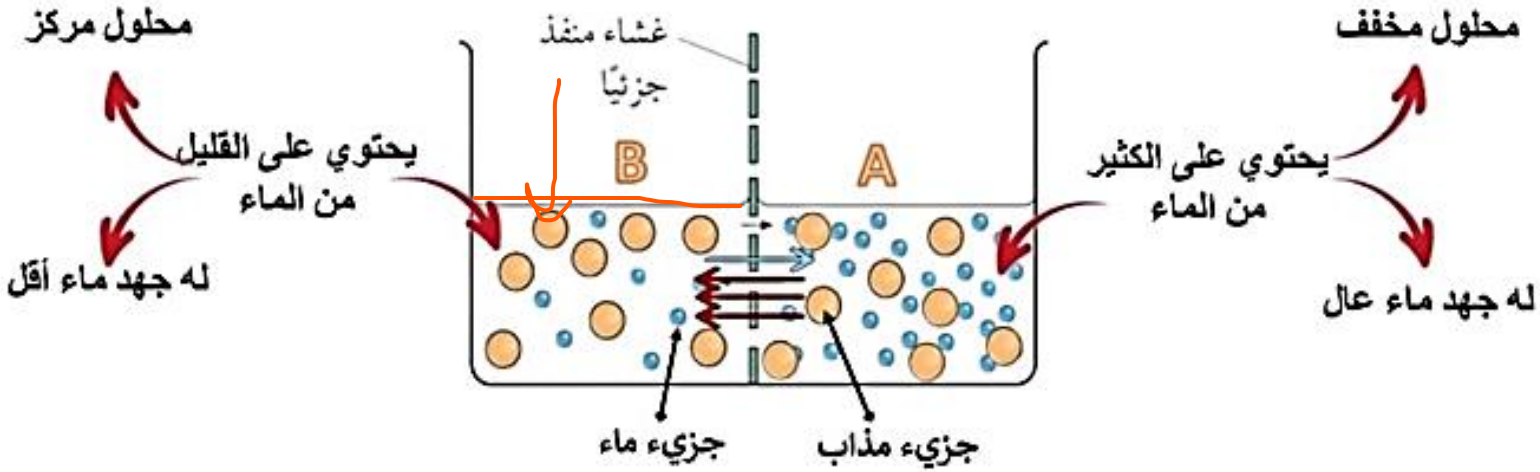
تركيز المحلول.

جهد عالي



جهد منخفض

المحلول A له جهد ماء أعلى من المحلول B ولهذا السبب فإن محصلة حركة الماء هي من A إلى B من جهد الماء الأعلى إلى جهد الماء الأقل



مقدار الضغط المؤثر عليه.

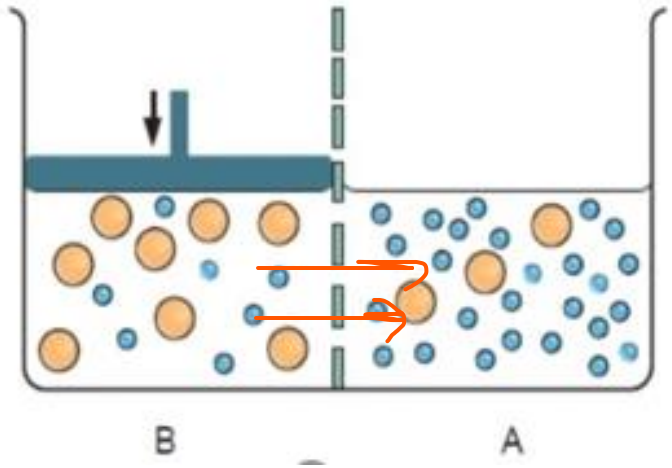
ماذا يحدث إذا أمكننا الضغط بشدة على المجلول B ؟

بزيادة الضغط على المحلول B

يزيد جهد الماء فيه حتى يصبح أعلى من جهد الماء في A

ينتقل الماء من B الى A نتيجة لتأثير الضغط

فتظهر حالة الإتزان



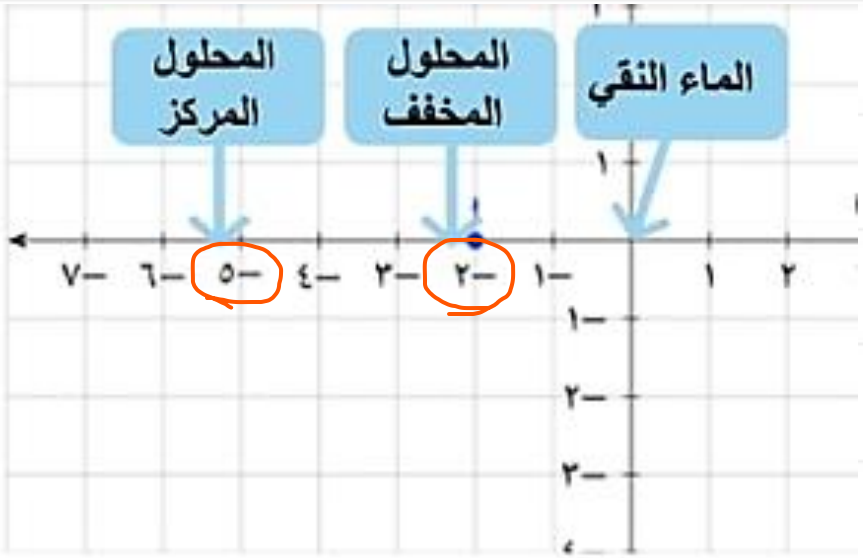
قياس جهد الماء

وحدة الضغط كيلوباسكال وkiloPascal تكتب اختصارا kPa

أيهما أعلى في جهد الماء ؟

الماء النقي — 0 KPA

المحلول — - KPA



مصطلحات علمية

جهد الماء :

مقياس لميل الماء إلى الأنتقال من مكان إلى اخر.

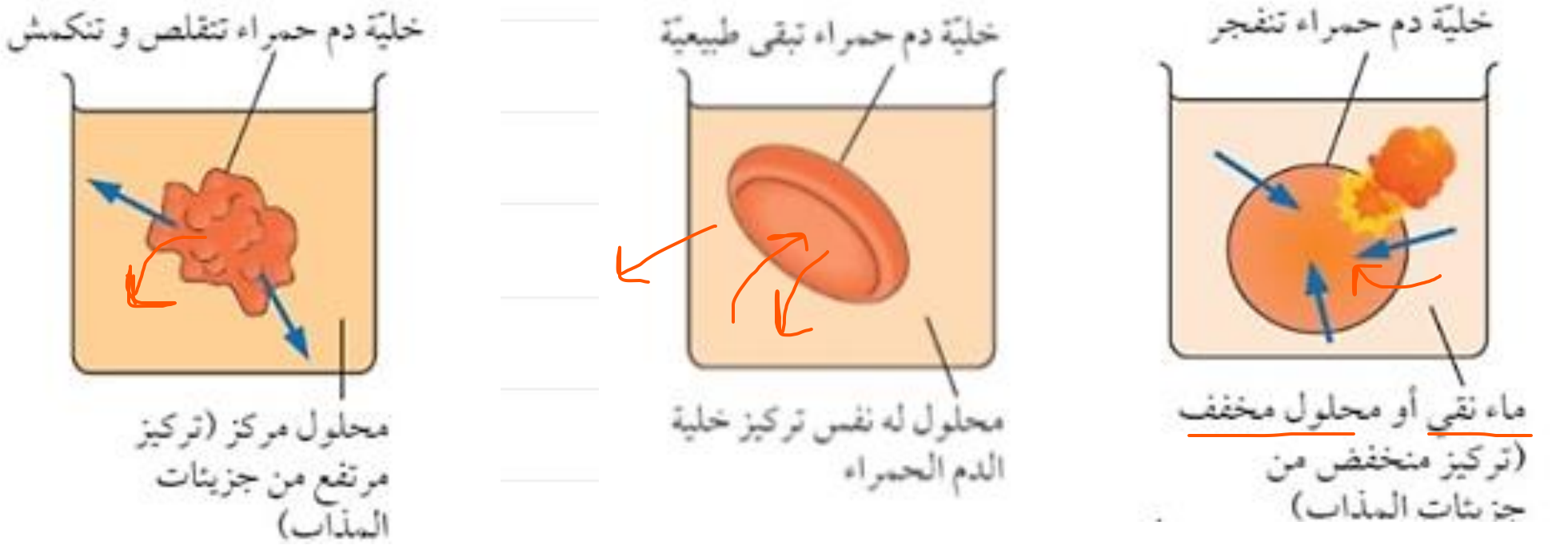
ينتقل الماء من المحلول ذي جهد الماء الأعلى إلى المحلول ذي جهد الماء الاقل

يقل جهد الماء بإضافة المذاب، ويزيد بتأثير الضغط.

الاسموزية في الخلايا الحيوانية :

النوع المناسب من الخلايا للدراسة في العمل المختبري هو خلايا الدم الحمراء

نأخذ عينات مختلفة من الكم ومزجها مع محاليل ذات جهد ماء مختلف (تراكيز مختلفة)



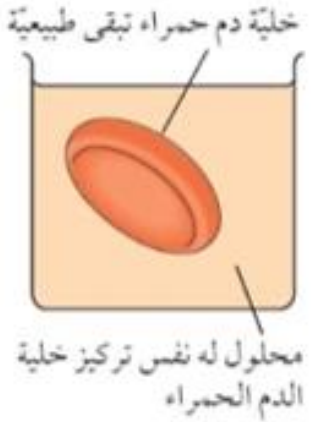
محلول جهد الماء فيه مرتفع

جهد الماء في المحلول أكبر من جهد الماء للخلية

محصلة إتجاه حركة جزيئات الماء إلى داخل الخلية

ستنتفخ الخلية وتنفجر

محلول جهد الماء فيه متعادل

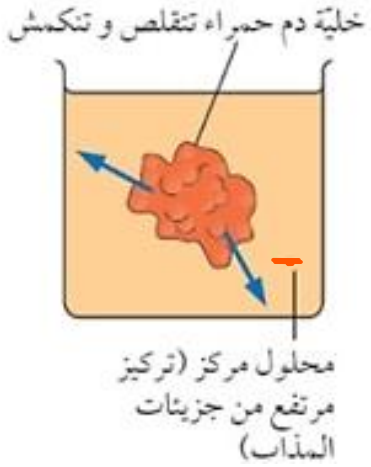


جهد الماء في المحلول = جهد الماء في خلية الدم الحمراء

لا توجد محصلة حركة لجزيئات الماء.

تبقى الخلية كما هى.

محلول جهد الماء فيه منخفض



• جهد الماء في المحلول اقل من الخلية.

محصلة حركة جزيئات الماء الى خارج الخلية.

ستتقلص الخلية.

الاسموزية في الخلايا النباتية :

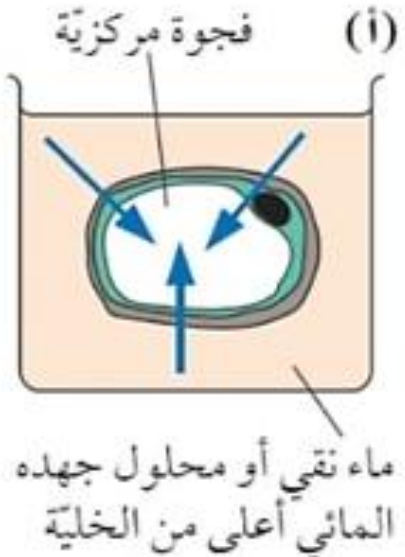
ماذا سيحدث للخلية النباتية إذا تم وضعها في ماء نقي أو محلول مخفف؟

سيدخل الماء بالأسموزية إلى الخلية عبر غشاء سطح الخلية المنفذ جزئيا لأن للماء النقي أو للمحلول جهداً مائيا أعلى من الخلية النباتية.

سيزداد حجم الخلية

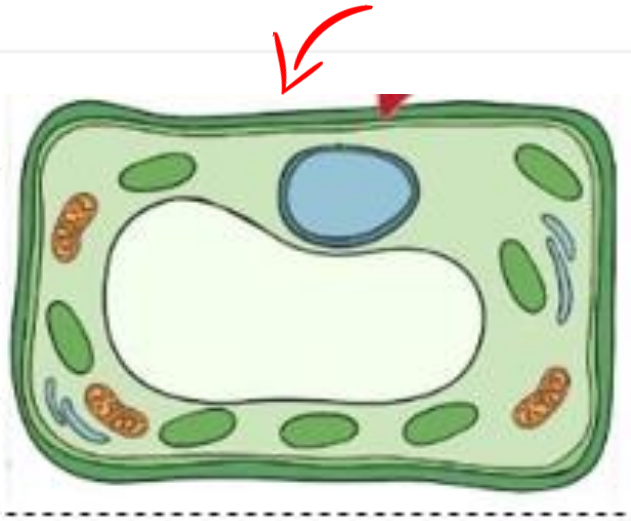
لكن جدار الخلية النباتية يقاوم تمدد البروتوبلاست Protoplast

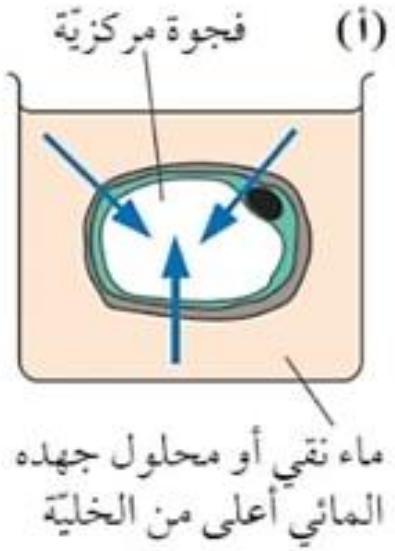
يبدا ضغط الخلية بالتراكم بسرعة دآخلها، ويزيد هدا الضغط من جهد الماء للخلية حتى يساوي جهد الماء داخل الخلية جهد الماء خارجها، ويحصل الاتزان



الاسموزية في الخلايا النباتية :

تحاط الخلايا النباتية، بجدران خلوية قوية جدا وصلبة.





مصطلحات علمية

البروتوبلاست

المحتويات الحية للخلية النباتية، بما في ذلك غشاء سطح الخلية) باستثناء جدار الخلية.

جدار الخلية غير مرن نسبيا بحيث يتراكم الضغط بسرعة، الأمر الذي يؤدي إلى دخول القليل من الماء للوصول إلى الاتزان، فيحول جدار الخلية دون انفجارها.

الاسموزية في الخلايا النباتية :

ماذا سيحدث للخلية النباتية إذا تم وضعها في محلول ذي جهد مائي منخفض، مثل محلول السكروز المركز؟

- يخرج الماء من الخلية في هذا المحلول بالأسموزية.
- وينكمش البروتوبلاست أثناء ذلك تدريجيا بحيث لا يضغط على جدران الخلية مطلقا
- مع استمرار انكماش البروتوبلاست يبدا بالتراجع تدر يجيا بعيدا عن جدار الخلية تسمى هذه العملية البلزمة Plasmolysis
- وبعد ذلك، وكما هو الحال في الخلية الحيوانية، يتم الوصول إلى حالة الاتزان عندما ينخفض جهد الماء للخلية حتى يعادل جهد الماء للمحلول الخارجي.

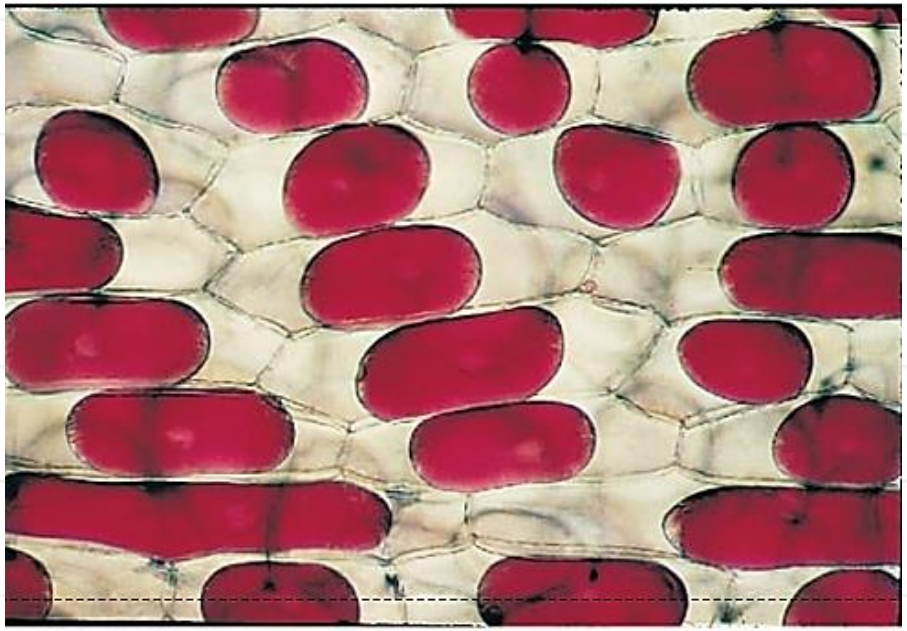
يمكن أن تستمر جزيئات المذاب وجزيئات الماء في المحلول خارج الخلية بالمرور عبر جدار الخلية المنفذ كليا، بحيث يبقى المحلول الخارجي على اتصال مع البروتوبلاست المنكمش

البلزمة

فقدان الماء من خلية نباتية أو بدائية النواة إلى النقطة التي ينكمش فيها البروتوبلاست بعيداً عن جدار الخلية.

البلزمة الإبتدائية

النقطة التي يكون عندها بدء حدوث البلزمة عندما تبدأ الخلية النباتية أو الخلية بدائية النواة بفقد الماء عند هذه النقطة لا يضع البروتوبلاست أي ضغط على جدار الخلية.

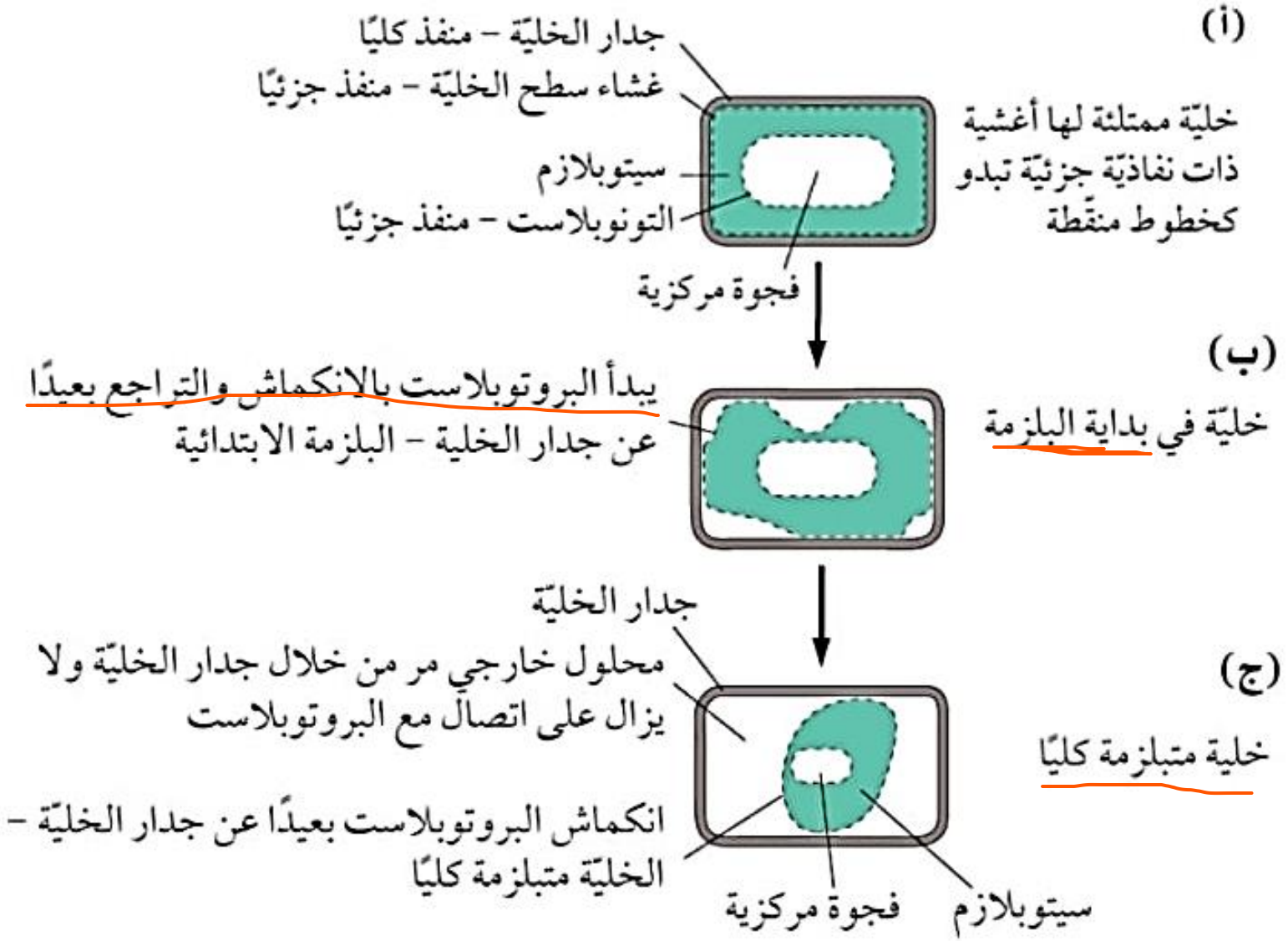


صورة 5- 3 صورة مجهرية ضونية
لخلايا بصل أحمر متبلزمة x100

يمكن بسهولة رؤية التغيرات السابقة بالمجهر الضوئي باستخدام طبقة رقيقة منزوعة من بشرة أوراق التخزين المنتفخة نبات البصل الأحمر.

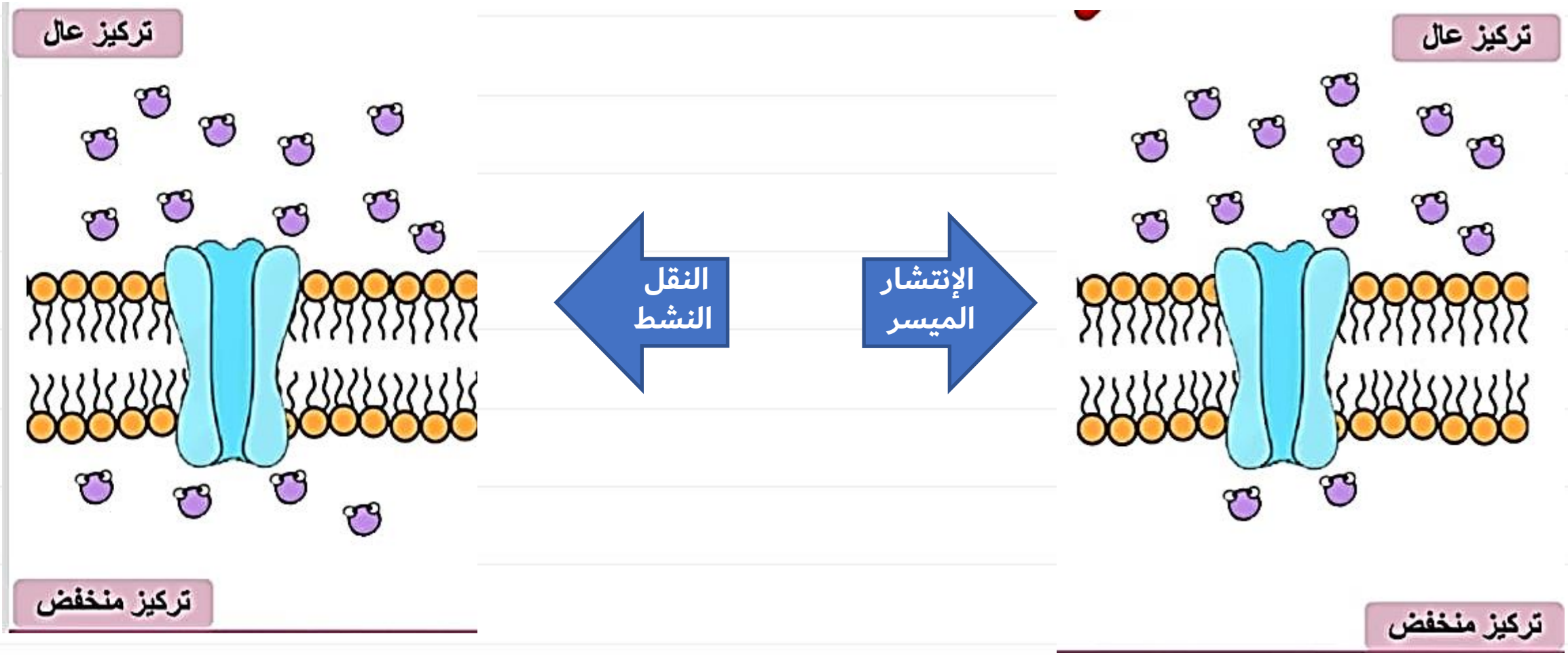
كما يمكن وضع الطبقة الرقيقة من البشرة في مجموعة مختلفة التراكيز من محاليل السكروز لمعرفة أي منها يسبب البلزمة

كيفية حدوث البلزمة



ما نوع النقل في الشكل ؟

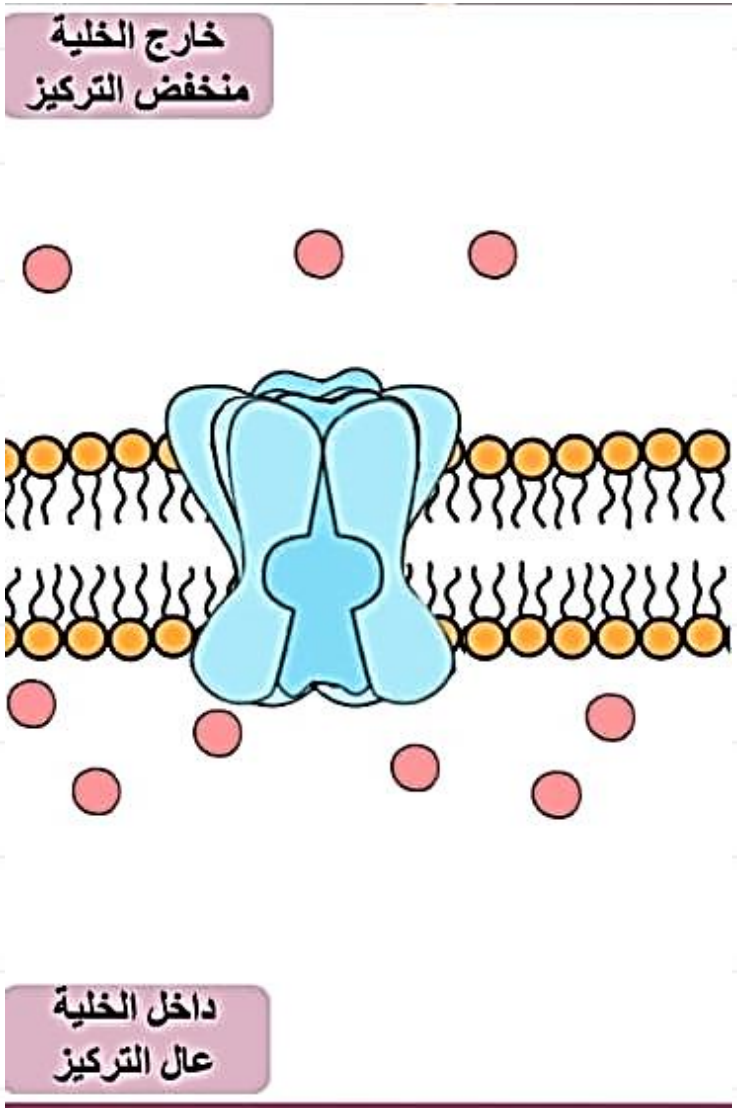
ماذا لو انتقلت الجزيئات أو الأيونات عكس منحدر التركيز؟



- غالبا ما تكون بعض الأيونات مثل أيونات البوتاسيوم والكلوريد أكثر تركيزا بمقدار (10-20)مرة داخل الخلايا مقارنة بخارجها!
- وهذا الأيونات في الداخل مصدرها أصلا من المحلول الخارجي.

هل يمكن أن يكون الانتشار هو السبب في حركة الأيونات؟

لا: لأن الانتشار هو محصلة حركة الأيونات من التركيز العالي إلى التركيز المنخفض

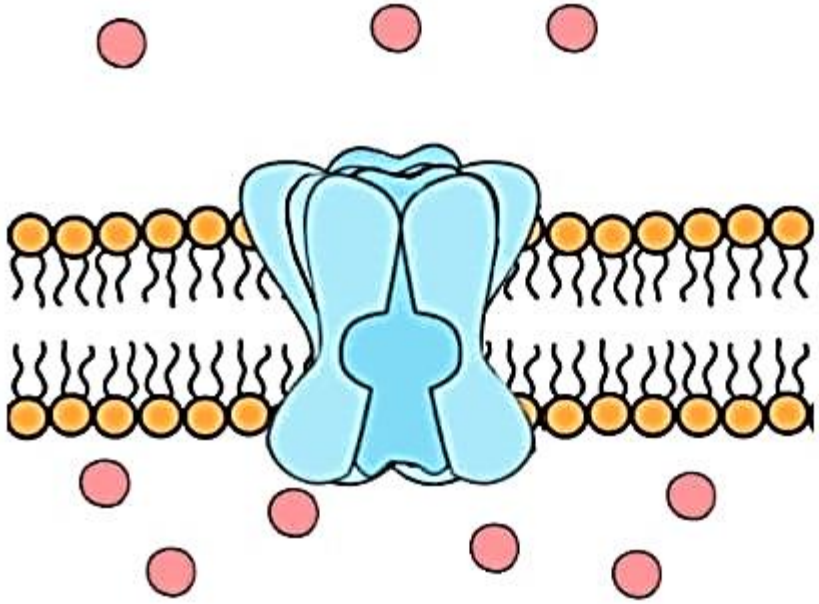


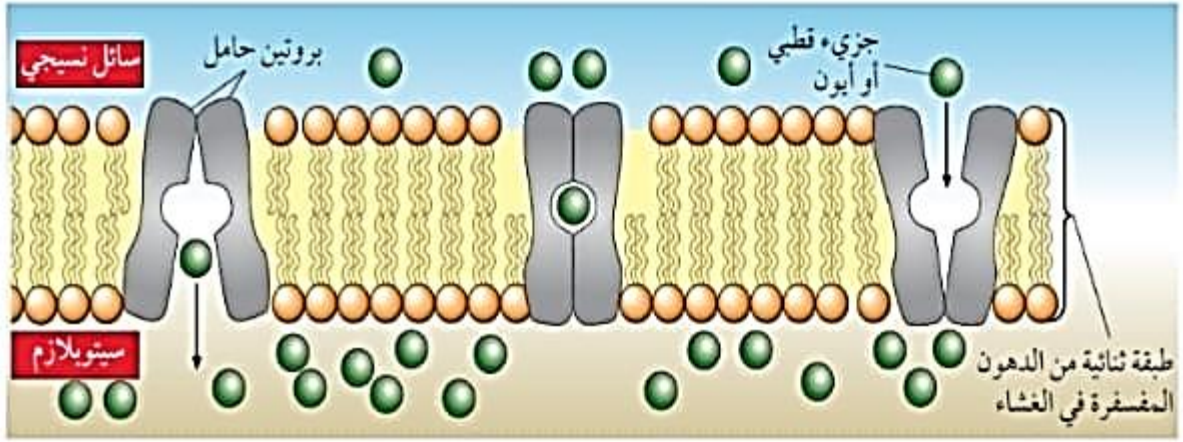
النقل النشط

- طريقة نقل للجزيئات والأيونات عبر الغشاء عكس منحدر التركيز
- تحتاج لطاقه لان الحركه تحدث عكس منحدر التركيز
- تتم بوساطة بروتينات حاملة تسمى المضخات Pumps

النقل النشط

يوفر غالبا جزيء أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP الذي ينتج أثناء التنفس داخل الخلية الطاقة التي يحتاجها النقل النشط. تستخدم الطاقة لجعل البروتين الحمل يغير من شكله لينقل الجزيئات أو الأيونات عبر الغشاء في هذه العملية.



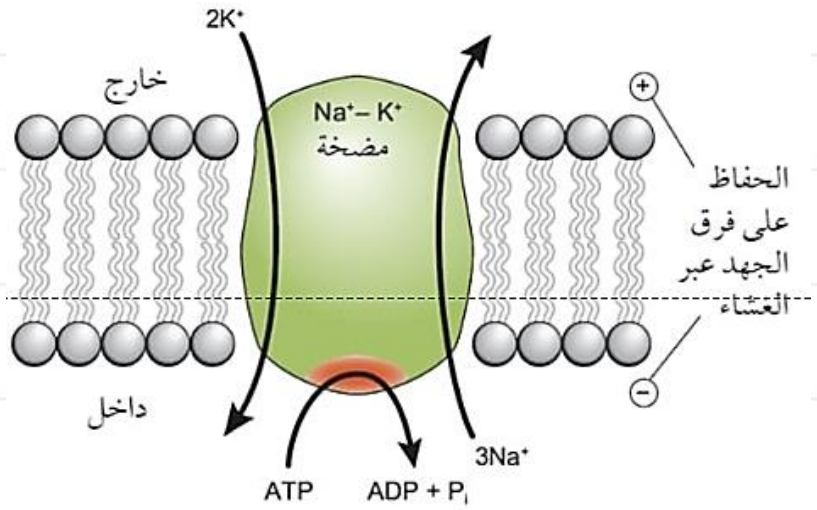


التغيرات في شكل البروتين الحامل أثناء النقل النشط. يتم هنا ضخ الجزيئات أو الأيونات إلى داخل الخليّة (عكس منحدر التركيز)

مضخات النقل النشط

- كل من هذه المضخات متخصص بنقل نوع معينة من الجزيئات أو الأيونات
- كمثال على بروتين حامل يستخدم للنقل النشط مضخة صوديوم بوتاسيوم pump +K+_Na

مضخة صوديوم بوتاسيوم



- عثر على هذه المضخات في غشاء سطح الخلية في جميع الخلايا الحيوانية
- تعمل في معظم الخلايا طوال الوقت
- تستهلك في المتوسط (٣٠ %) من طاقة الخلية (٧٠ %) في الخلايا العصبية.
- تضخ ثلاثة أيونات صوديوم (3 +Na) إلى خارج الخلية وتسمح في الوقت نفسه بدخول أيوني بوتاسيوم إلى الخلية (3k+) مع استهلاك جزي» ATP
- وكمحصلة نهائية يصبح داخل الخلية سالباً أكثر مقارنة بخارجها، ويتكون فرق جهد عبر الغشاء.

مصطلح علمي

النقل النشط

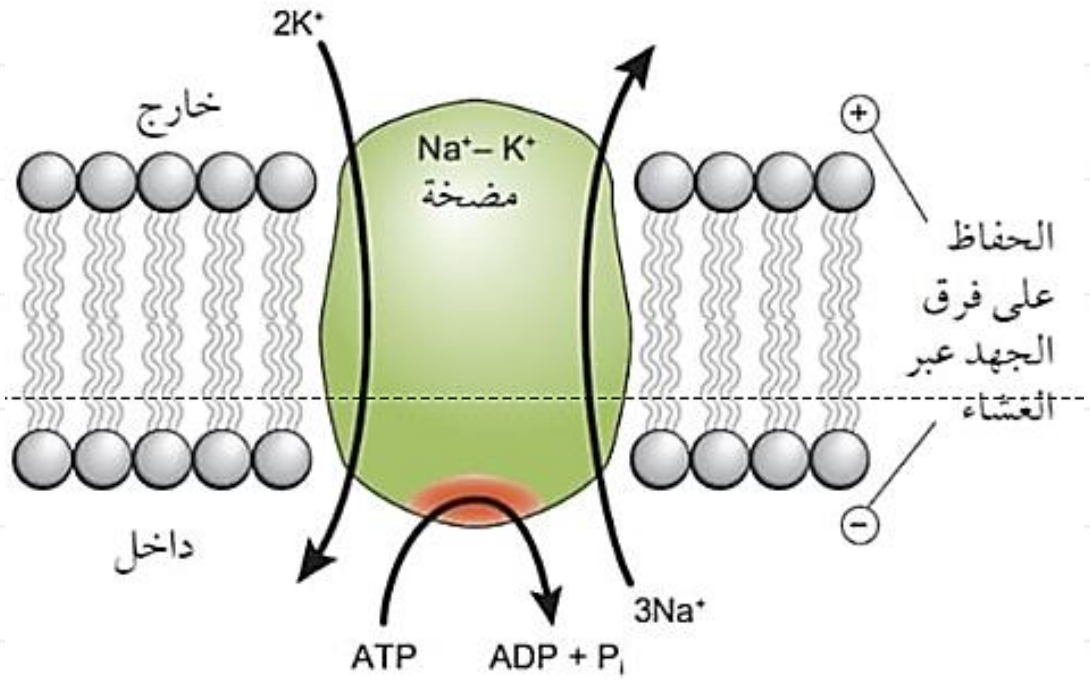
حركة الجزيئات أو الأيونات بوساطة بروتينات ناقلة عبر غشاء الخلية بعكس منحدر التركيز باستخدام طاقة من ATP

مصطلح علمي

مضخه صوديوم بوتاسيوم pmup

Sodium—potassium pump: (+Na•—K)

بروتين غشائي (أو بروتينات) تنقل أيونات الصوديوم إلى خارج الخلية وأيونات البوتاسيوم إلى داخلها باستخدام ATP.



النقل النشط

طريقة نقل مستهلكة للطاقة تنتقل فيها الجزيئات والأيونات عبر الغشاء عكس منحدر التركيز (من التركيز الأقل الى التركيز الأعلى) حيث يوفر ATPالطاقة من تنفس الخلية، كما يمكن أن يحدث النقل النشط داخل الخلية أو خارجها.

أهمية النقل النشط

١. مهم لإعادة الامتصاص في الكلية، حيث يجب إعادة امتصاص بعض الجزيئات والأيونات المفيدة إلى مجرى الدم بعد ترشحها Fitration في أنيبيبات الكلية

٢- أيضا يشارك في امتصاص بعض نواتج الهضم في الأمعاء.

٣- ويستخدم النبات النقل النشط لتفريغ السكر من الخلايا التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي في الأوراق إلى نسيج اللحاء ونقله إلى بقية أنحاء النبات، ولنقل الأيونات غير العضوية من التربة إلى الشعيرات الجذرية.

آليات تبادل الجزيئات و الأيونات المفردة عبر الأغشية

ما هي آلية نقل مواد ذات حجوم كبيرة عبر أغشية سطح الخلية

الإدخال الخلوي:

يبتلع غشاء سطح الخلية في الإدخال الخلوي المادة مكونا كيساً صغيراً ويسمى أيضا حويصلة Vesicleأو فجوة
ويكون الإدخال الخلوي على **شكلين:**

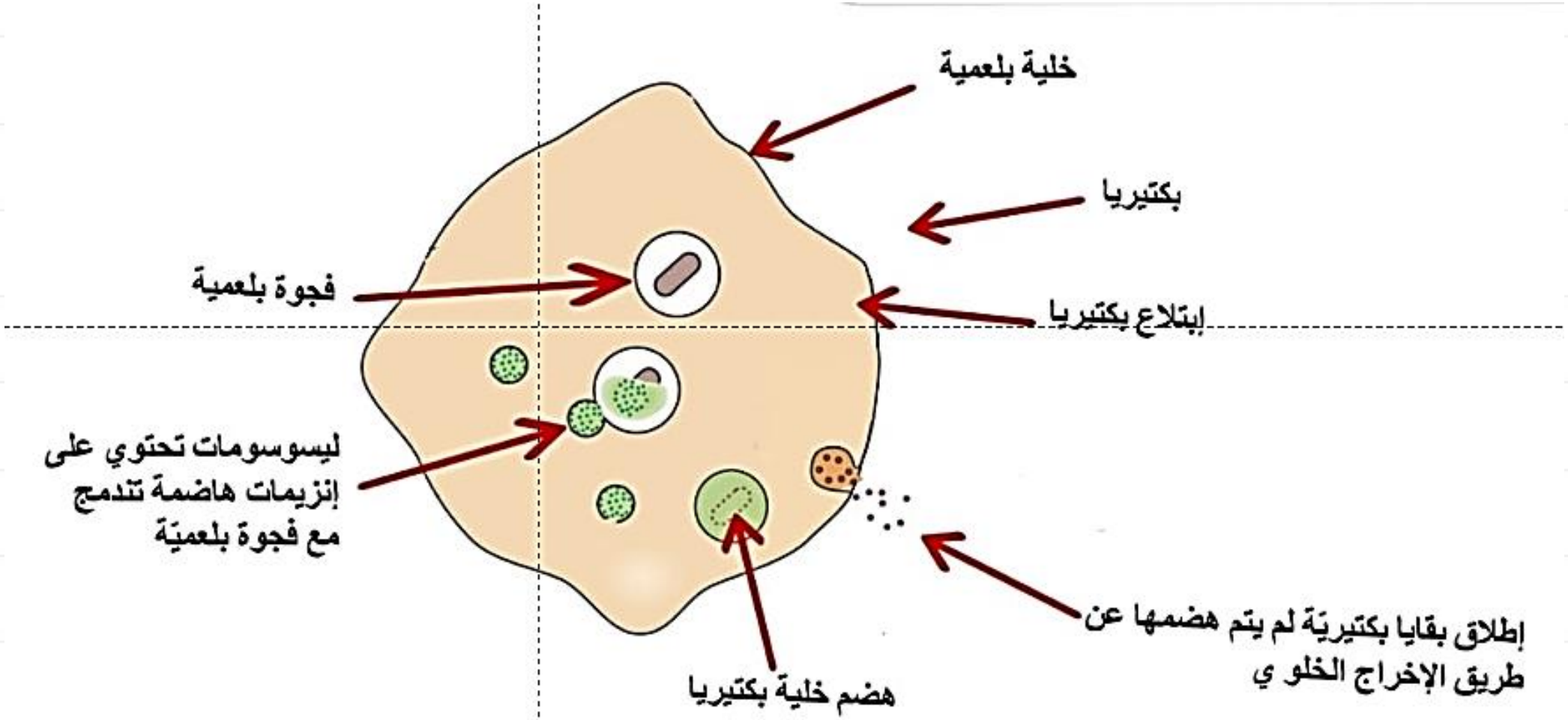
البلعمة

- **البلعمة Phagocytosis** أو الأكل الخلوي وهي إلتهام كتل من الخلايا الصلبة
- وتسمى الخلايا المتخصصة بذلك الخلايا البلعمية
- وتسمى العملية البلعمة
- تسمى الفجوات بالفجوات البلعمية

الشرب الخلوي

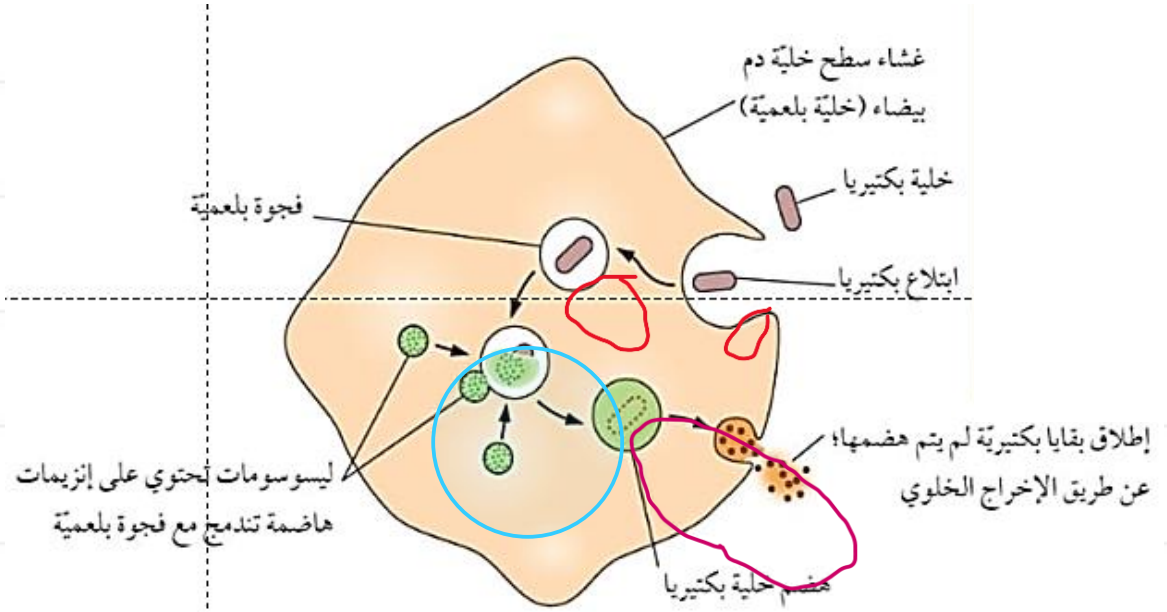
- وهو أخذ السوائل بكميات كبيرة. وغالبا ما تكون الفجوات أو الحويصلات المتكونة صغيرة جدا، وتسمى العملية في هذه الحالة الشرب الخلوي الدقيق .Micropinocytosis

مراحل عملية بلعمة بكتيريا بواسطة خلية دم بيضاء



مصطلح علمي

الخلايا البلعمية Phagocytes:
نوع من الخلايا يبتلع (يأكل) ويدمر مسببات الأمراض أو خلايا الجسم التالفة بعملية تسمى البلعمة.
الخلايا البلعمية وهي نوع من خلايا الدم البيضاء.



الشكل ٥-١٥ مراحل عمليّة بلعمة بكتيريا بواسطة خلية دم بيضاء.

مصطلح علمي

الإدخال الخلوي Endocytosis:
النقل الخلوي الكلي للسوائل (الشرب الخلوي) أو المواد الصلبة (البلعمة) إلى الخلية، عن طريق انشاء غشاء سطح الخلية إلى الداخل مشكلا حويصلات تحتوي على المواد.
والإدخال الخلوي عملية نشطة تحتاج إلى طاقة ATP

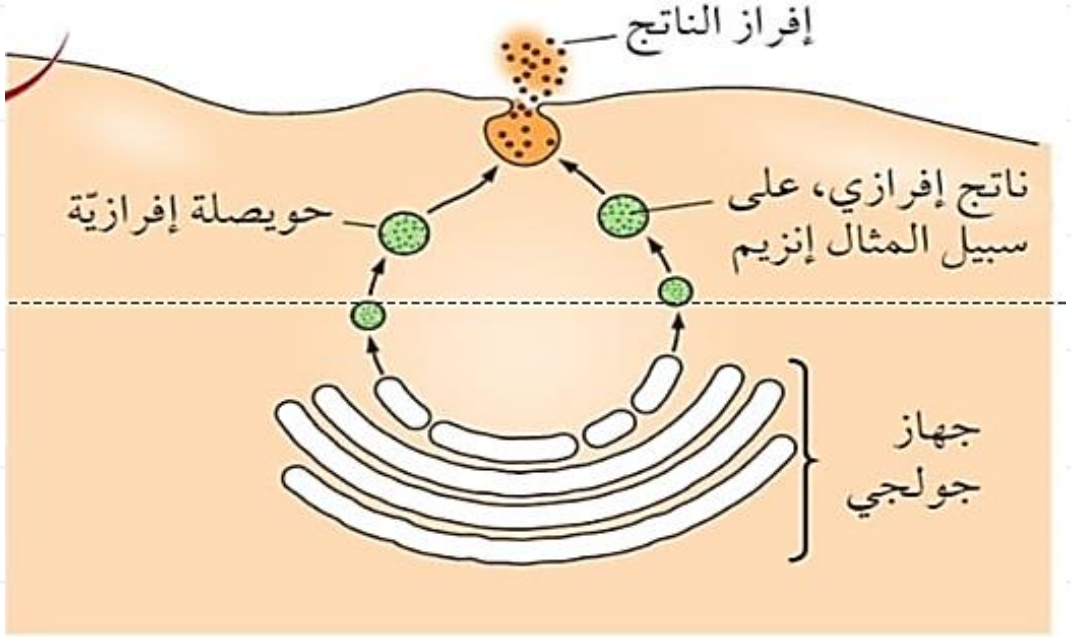
الإخراج الخلوي :

الإخراج الخلوي عكس الإدخال الخلوي، وهو العملية التي تزال أفيها المواد من الخلايا

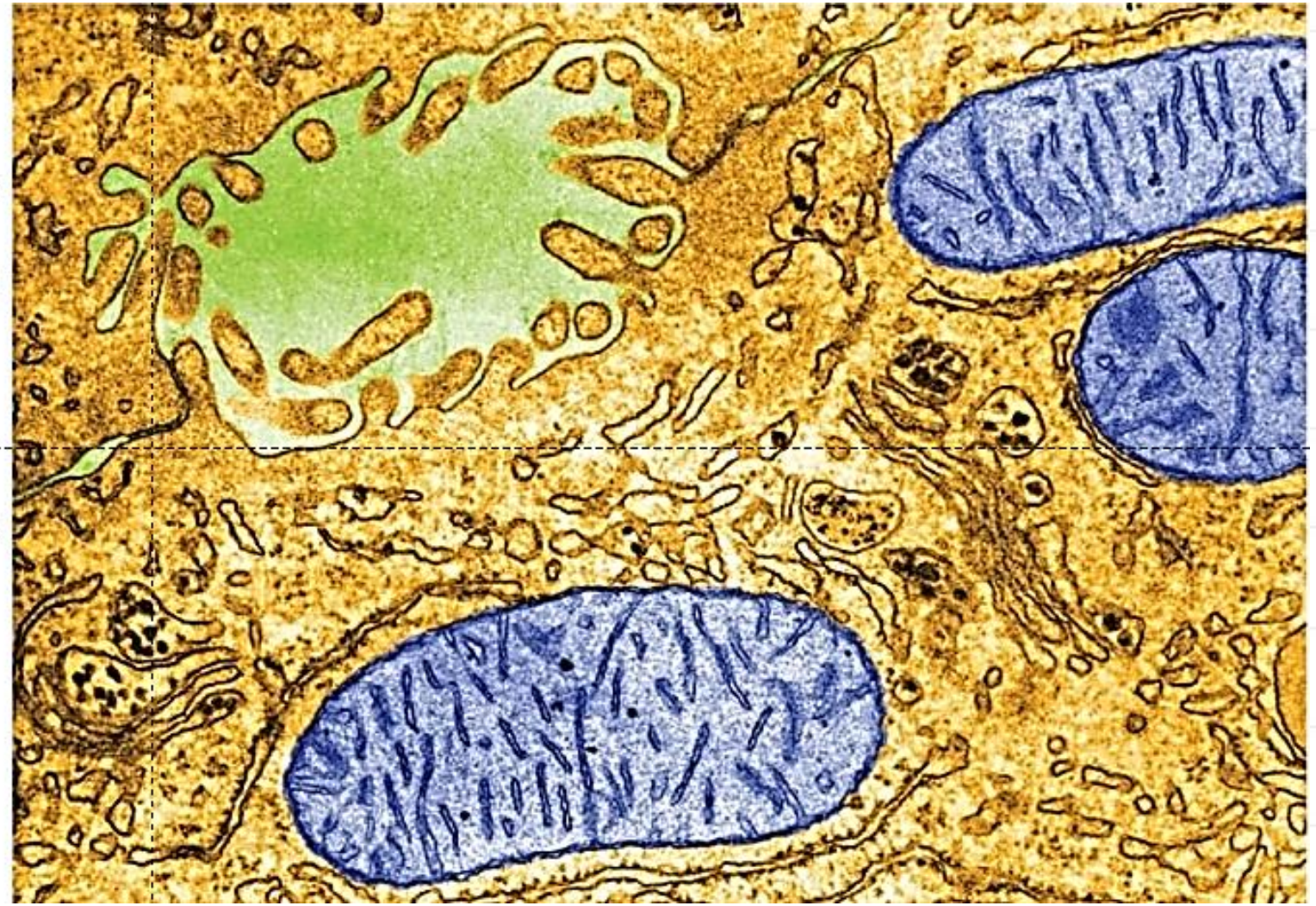
إفراز الإنزيمات الهاضمة من خلايا البنكرياس

وتستخدم الخلايا النباتية الإخراج الخلوي لبناء جدارها الخلوي.

الإخراج الخلوي : حركة كتل من السوائل أو المواد الصلبة إلى خارج الخلية، عن طريق اندماج حويصلات تحتوي على المادة مع غشاء سطح الخلية. والإخراج الخلوي عملية نشطة تحتاج إلى طاقة .



الإخراج الخلوي في خلية إفرازية. إذا كان الناتج المفرز بروتينا، فغالبا ما يشارك جهاز جولجي في تعديل البروتين كيميائيا قبل إفرازه، كما في حالة إفراز البنكرياس للإنزيمات الهاضمة.



صورة مجهرية إلكترونية (النافذ) لخليّة بنكرياس عنيبيّة تفرز البروتينات خارج الخليّة الظاهر باللون الأخضر. وتبدو حويصلات جولجي (الحويصلات الإفرازيّة) بالمحتويات ذات الصبغة الداكنة وهي تنتقل من جهاز جولجي إلى غشاء سطح الخليّة. وتظهر الميتوكندريا باللون الأزرق.