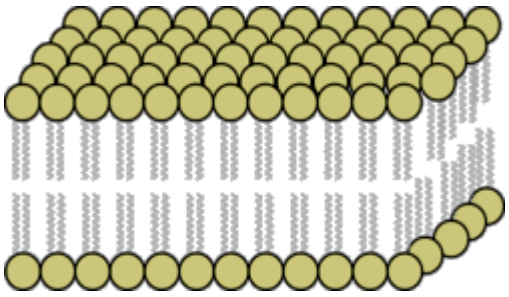
العوامل المؤثرة على نفاذية المواد عبر غشاء الخلية

1- تركيب غشاء الخلية (Composition of cell membrane)

من التجارب الأولية التي أجريت على غشاء الخلية، تم اثبات ان غشاء الخلية يحتوي على مادة دهنية، وهذه المادة الدهنية تساعد على سهولة نفاذية المواد الذائبة فيها مقارنة ببقية المواد. وقد اكتشف العالمان الأمريكيان Gorten , Grendle (1925) أن غشاء الخلية يتكون من دهون وبروتينات وان هذه الدهون هي عبارة عن دهون فسفورية (Phospholipids) تتكون من طبقتين (Lipid bilayer) وعند اكتشاف المجهر الألكتروني تم ملاحظة:

(1) ان جزيئات الدهن هذه تتكون من رأس وذيل مصطفة مع بعضها البعض ضمن الطبقة الواحدة، وان الطبقة الثانية تكون عكس الأولى (ذيل مقابل ذيل والرؤس بعيدة عن بعضها).

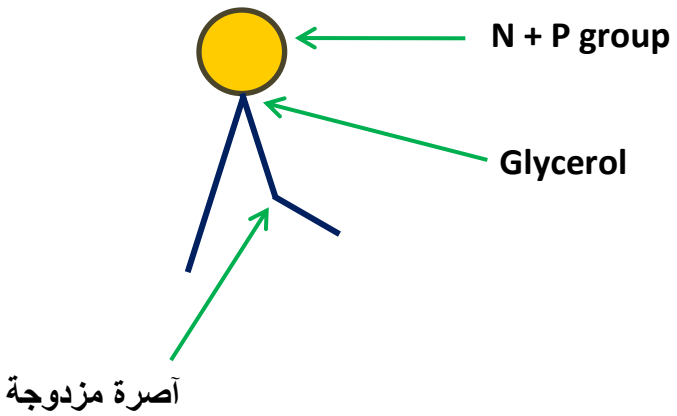


(2) وان رؤس هذه الطبقتين تكون قطبية (Polar) أي أنها تحمل شحنة (Charge) وتكون محبة للماء (Hydrophilic) أما الذيول تكون غير قطبية (non polar) وتكون كارهة للماء (Hydrophobic).

(3) رأس الطبقة الدهنية مكون من مجموعة نتروجينية + مجموعة فوسفاتية، والذيل مكون من أحماض دهنية (Fatty acids) مشبعة وغير مشبعة.

(4) كما لاحظوا الأنثناء الموجود في أحد ذيلي الجزيئة يكون بسبب وجود الآصرة المزدوجة عند هذه النقطة.

(5) الأرتباط ما بين الرأس والذيل يكون من مادة كليسرول Glycerol وكما مبين في الشكل الاتي:



2- الوزن الجزيئي للمواد النافذة molecular weight

لاحظ الباحثين في هذا المجال أن اليوريا urea التي وزنها الجزيئي (47) تنفذ خلال غشاء الخلية بسرعة أكبر مقارنة بالكليسرول الذي وزنه الجزيئي (96) دالتون. أي ان المواد كلما زاد وزنها الجزيئي زادت صعوبة نفاذيتها وان أعلى وزن جزيئي للمواد التي بأمكانها النفاذ من خلال جدار الخلية بدون الحاجة الى آليات معينة هو 5000 دالتون. كلما زاد عن هذا الوزن لا يسمح له بالنفاذ الا بإستخدام آليات معينة.

3- شحنة المواد Charge of the materials

إن الشحنة السائدة بشكل عام لجدار الخلية هي الشحنة السالبة ومقدارها يتراوح بين (-60) الى (-70) ملي فولت mv والمواد التي تكون شحنتها موجبة تنفذ بشكل أسرع مقارنة بالسالبة بسبب التجاذب بين الشحنات.

4- طبيعة المواد النافذة Nature of the material

أي أن المواد سواء كانت الكتروليتية أو غير الكتروليتية (المادة الألكتروليتية هي المواد التي بأمكانها أن تتأين الى أيونات موجبة وسالبة) مثل مادة NaCl حيث يمكن أن تتأين الى Na^+ و Cl^-. في حين أن السكر مثل الكلوكوز يكون غير الكتروليتي. وقد لوحظ أن المواد الألكتروليتية تنفذ بسرعة أكبر من خلال غشاء الخلية مقارنة بالمواد غير الألكتروليتية.

5- تركيز المواد النافذة Concentration of the materials

وكما يأتي:

التراكيز المستخدمة في تحضير المحاليل الفسلجية:

هنالك طرق عديدة مستخدمة في تحضير المحاليل، تختلف من محلول الى اخر و تعتمد بشكل رئيسي على عدد الجزيئات أو الايونات في المحاليل.

1- النسبة المؤية للمادة في المحلول (%) percentage solution

ويستخدم هذا التحضير بكثرة ويعتبر من اسهل طرق التحضير ويعني **عدد الغرامات للمادة المذابة في 100 مللتر من المذيب**. والمعادلة هي:

$$\text{النسبة المئوية للمادة المذابة} = \frac{\text{كمية المادة المذابة (غم)}}{\text{حجم المحلول (مل)}} \times 100$$

مثلا: تحضير 12% كلكوز (w/v) وهذا يعني أن 12 غم من الكلوكوز تم اذابتها في 100 مللتر ماء مقطر.

مثال آخر: اذا تم اذابة 2غم من NaCl في 25 مللتر من الماء المقطر، فما هي النسبة المئوية للمذاب في المحلول؟

المحلول	المادة المذابة NaCl
25	2
100	X

$$X = \frac{2 \times 100}{25} = 8\%$$

في الكائنات الحية، تراكيز معظم المواد تعتبر قليلة جدا، وغالبا ما تكون محسوبة على اساس (ملغم) (mg %)، فعلى سبيل المثال، فأن تركيز الكلوكوز في الدم هو بحدود 90 ملغم لكل 100 مللتر، عندما يتم حسابه كنسبة مئوية فأنه يصبح 0.09 % وهذا هو نسبته الطبيعية في الجسم.

1000 mg=1gm

2- التركيز المولاري (M) Molar of solution

تعريف :

1 مول = الوزن الجزيئي او الوزن الذري للمادة المذابة بالغرامات في 1 لتر من المذيب .

مثلا : يراد تحضير 1 مول من الكلوكوز

الوزن الجزيئي للكلوكوز $C_6H_{12}O_6$ =180

لذلك

1 mole of glucose =180/1000 =1 mole

Or:

18/100 =1mole

Or:

1.8/10 =1 mole

ولغرض تحضير 1 مول من : NaCl

الوزن الجزيئي لـ NaCl = 58.5 يذاب 58.5 غم من الـ NaCl مع 1لتر ماء مقطر= 1مول

او 5.85 غم في 100 مللتر ماء مقطر =1 مول

س : احسب تركيز الكلوكوز في الجسم بالـ mM ؟

بسبب ان تركيز المواد في الجسم بصورة عامة تعتبر قليلة جدا، لذلك يستخدم دائما الـ (mM) ملي مول (millimole).

مثلا 180 ملغم كلوكوز تذاب في 1 لتر ⟸ التركيز سيكون 1 ملي مول

لذلك فإن :

90 ملغم % للكلوكوز في الجسم سيساوي:

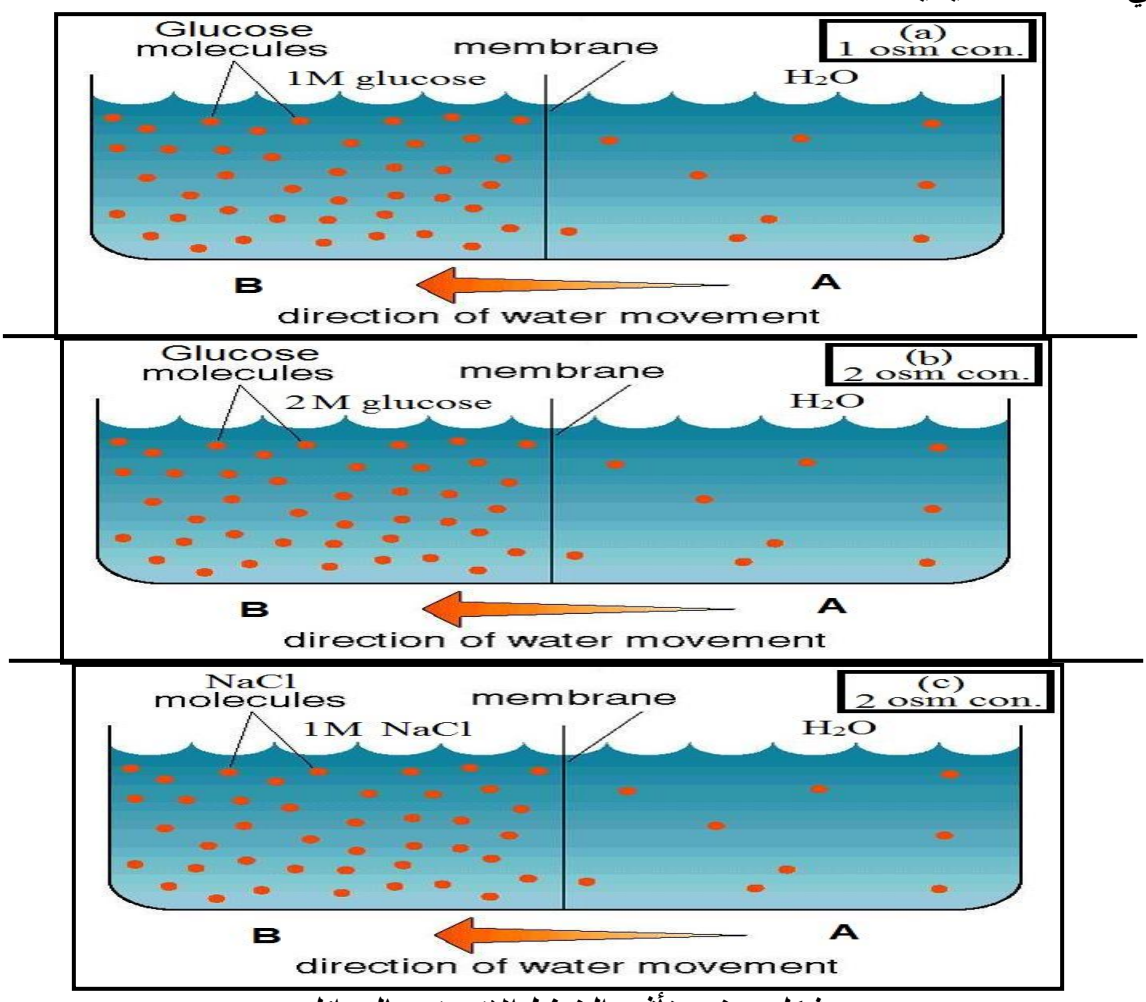
900 mg /L =90 mg /100

900 / (180 mg/mM) = 5 mM glucose

3- التركيز الازمولاري Osmolar Solution (osm)

ويستخدم هذا التركيز بشكل كبير في المحاليل البايولوجية. ولغرض فهم هذا النوع من التركيز نأخذ بعض الامثلة.

في الحالات الاعتيادية 1 Osm =1 M



شكل يوضح تأثير الضغط الازموزي بالسوائل

(a) : الماء موجود بالجزء A والكلوكوز بالجزء B ولغرض حدوث التوازن بين الجهتين فالماء يتحرك من A الى B (التحرك من الجزء ذو التركيز العالي للماء الى التركيز الواطئ له [ويطلق عليه بالـ Osmosis اما القوة فتدعى بالضغط الازموزي Osmotic pressure] او ان الماء سينتقل من الضغط الواطئ الى الضغط العالي) وان 1 مول من الكلوكوز = 1 ضغط ازموزي.

(b) نلاحظ تركيز الكلوكوز (محلول غير اليكتروليتي) في المحلول (b) تم مضاعفته (2M) اي ان:

2M glucose =2 osm con.

فإن الماء يتحرك بسرعة مضاعفة مما هو عليه في الشكل (a)، وهذا يعود الى الضغط الازموزي المضاعف في المحلول.

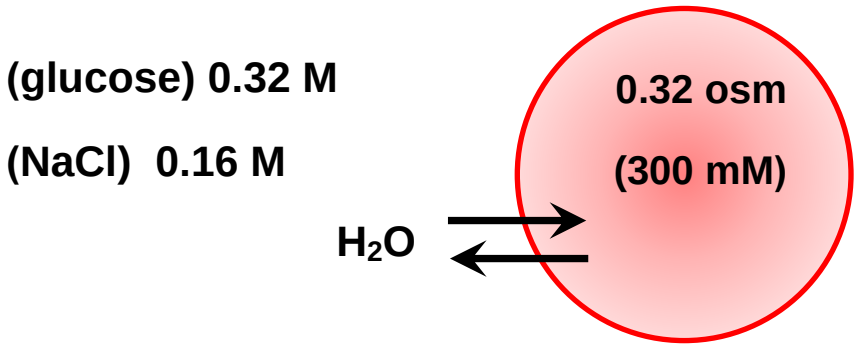
(c) هنالك بعض المركبات الاليكتروليتية (وهي المركبات التي تتميز بسرعة تحللها ايونيا): مثل كلوريد الصوديوم NaCl لذلك فهي تعطي عند تحللها:

1 mole (NaCl) → 1 mole (Na) +1 mole (Cl)

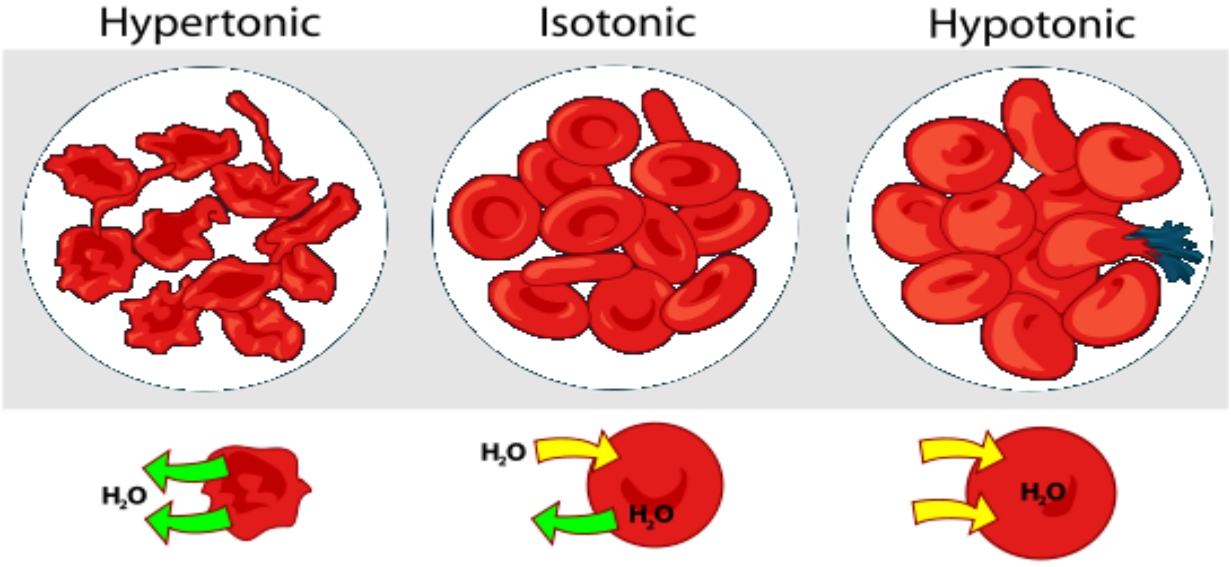
اي ان كل جزء متمم يمثل ضغط ازموزي على حدة.

لهذا فإن سرعة تحرك الماء في الشكل (C) يساوي سرعة تحرك الماء في الشكل (b) باعتبار ان الضغط الازموزي لكلا المحلولين متساوي ويساوي 2 ضغط ازموزي.

خلايا اللبائن بشكل عام، يكون الضغط الازموزي لها بحدود 0.32 osm فإذا وضعت في محاليل مشابهة لتركيزها (مثل 0.32 مول كلوكوز او 0.16 مول كلوريد الصوديوم) فاننا لا نتوقع ان يحدث تحرك للماء (سواء للداخل او الخارج).



لذلك فإن المحاليل التي لها نفس تراكيز الضغط الازموزي للخلية تدعى بالمحاليل Isotonic solutions اما المحاليل التي تراكيزها او الضغط الازموزي لها اكثر من تراكيز الضغط الازموزي للخلية فتسمى Hypertonic solutions والمحاليل التي تراكيزها اقل من تراكيز الضغط الازموزي للخلية فتسمى بـ Hypotonic solutions.



سنأخذ مجموعة من الأمثلة على بعض المواد و المحاليل:

خلية أو كرية الدم الحمراء RBC (الحديث ينطبق على جميع الخلايا) تركيز NaCl داخل الخلية هو 0.16 M.

في الحالات الأعتيادية فأن 1osm =1M

1- عند وضع خلية RBC في ماء مقطر، فأن الماء ينتقل الى داخل الخلية لأن الضغط خارج الخلية (0.02 osm) أقل من داخل الخلية فيؤدي الى انتقال الماء ويتوقف عند حدوث التوازن، أي أن المولارية (M) داخل الخلية يصبح 0.02 وهذا لا يمكن أن يحصل لأن حجم الخلية يجب أن يزداد 8 مرات. لذلك سوف تنفجر الخلية.

2- إذا وضعت الكرية في محلول NaCl تركيز (0.16M) هنا نلاحظ أن الخلية تحافظ على شكلها وسوف لن ينتقل الماء خلال غشاء الخلية ويسمى هذا المحلول Isotonic solution.

3- إذا وضعت الكرية في محلول NaCl بتركيز (0.14M) فسيحدث انتقال للماء من خارج الخلية الى داخل الخلية (أي من التركيز الواطيء الى التركيز العالي) ويتوقف دخول الماء عند تساوي التركيزين (داخل وخارج الخلية).

V = osm in / osm out = 0.16/0.14 = 1.14

أي سوف يكبر حجم الخلية بمقدار 1.14 مرة وسوف لن يحصل انفجار لكون الخلية تتحمل انتفاخ الى الحد الحرج (1.6 – 2.0 مرة) وهنا يسمى المحلول Hypotonic solution.

4- أما إذا وضعت الخلية في محلول تركيز الـ NaCl به هو 0.18M هنا سوف ينتقل الماء من داخل الخلية الى خارجها الى أن يصبح التركيز داخل الخلية كما في خارجها وهنا سيحدث انكماش (Cell shrinkage)، ويسمى هذا المحلول Hypertonic solution.

V = 0.16/0.18 = 0.8

أي تصبح الخلية بحجم مقداره 0.8 من حجمها الأصلي.

5- نفس الكلام ينطبق للكليسرول ، إلا انه يحتاج الى وقت أطول لكي ينفذ وذلك بسبب وزنه الجزيئي أعلى ولزوجة أعلى من اليوريا.

6- السكريات مثل الكلوكوز لاتنفذ الى الخلية لذلك سوف تبقى الخلية على حالها.

7- إذا وضعت بمحلول ايثر سوف يذوب غشاء الخلية.

س/ إذا علمت أن :

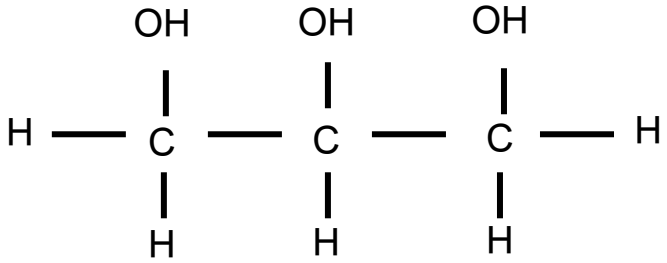
1- التركيب الكيمياوي لكل من :

Sodium Chloride = NaCl

Urea = $Co(NH_2)_2$

Glucose = $C_6H_{12}O_6$

Glycerol =



2- الوزن الجزيئي لكل من

N = 14 , C = 12 , O = 16 , H = 1, Na = 23 , Cl = 35

3- Molarity = weight/Molecular weight

أوجد الأوزان المطلوبة لتحضير المحاليل التالية :-

NaCl = 0.02 , 0.04 , 0.06 , 0.08 , 0.10 , 0.12 , 0.14 , 0.16 M

Urea = 0.3 M Glucose = 0.3 M Glycerol = 0.3 M