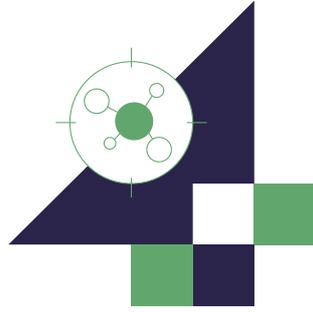


# أولمبياد العلوم و الرياضيات الوطني "نسمو"

الحقيبة التدريبية لمسار علوم  
مسابقة الفرق الوطنية 2026م



العلوم

# أحياء

## الفهرس

### الباب الأول فسيولوجيا الفقاريات

#### الفصل الأول

##### تنظيم جسم الفقاريات

- مستويات التنظيم في جسم الفقاريات.....(ص ١٣)
- النسيج الطلائي.....(ص ١٤)
- النسيج الضام.....(ص ١٦)
- النسيج العضلي.....(ص ١٧)
- النسيج العصبي.....(ص ١٨)

#### الفصل الثاني

##### الجهاز الهيكلي

- أنواع الجهاز الهيكلي.....(ص ٢٠)
- نظرة فاحصة على العظم في الفقاريات.....(ص ٢٠)
- المفاصل وآلية الحركة.....(ص ٢١)
- آلية انقباض العضلات الهيكلية.....(ص ٢٢)

#### الفصل الثالث

##### الجهاز العصبي

- التنظيم الأساسي للجهاز العصبي.....(ص ٢٦)
- تركيب الخلية العصبية.....(ص ٢٧)
- السيل العصبي: لغة الجهاز العصبي.....(ص ٢٨)
- التشابك العصبي.....(ص ٢٩)
- الجهاز العصبي المركزي.....(ص ٣٠)

#### الفصل الرابع

##### الجهاز الهضمي

- مبادئ الهضم وأنماط التغذية.....(ص ٣٤)
- الأعضاء الهضمية المساعدة.....(ص ٣٧)
- تنظيم عملية الهضم.....(ص ٣٨)

## الفصل الخامس

### الجهازين الدوري والتنفسي

- الجهاز الدوري.....(ص ٤٠)
- القلب والأوعية الدموية.....(ص ٤١)
- مكونات الدم.....(ص ٤٣)
- الجهاز التنفسي.....(ص ٤٤)
- مبادئ تبادل الغازات.....(ص ٤٤)

## الفصل السادس

### الجهاز المناعي

- نظرة عامة: خطوط الدفاع الثلاثة.....(ص ٤٨)
- خط الدفاع الأول.....(ص ٤٨)
- خط الدفاع الثاني.....(ص ٤٨)
- خط الدفاع الثالث.....(ص ٥٠)
- أعضاء الجهاز المناعي.....(ص ٥١)

## الفصل السابع

### الجهاز الإخراجي

- الجهاز البولي.....(ص ٥٥)
- النيفرون: الوحدة الوظيفية للكلية.....(ص ٥٥)
- أجزاء النيفرون الرئيسية.....(ص ٥٥)

## الباب الثاني علم النبات

### الفصل الأول

#### تركيب النبات الوعائية، نموها وتكوينها

- تمتلك النباتات تنظيمًا هرميًا يتكون من أعضاء وأنسجة وخلايا.....(ص ٧١)
- أعضاء النبات الوعائية الأساسية: الجذور والسيقان والأوراق.....(ص ٧١)
- أنسجة البشرة والأنسجة الوعائية والأنسجة الأرضية.....(ص ٧٤)
- الأنواع الشائعة من الخلايا النباتية.....(ص ٧٥)
- تولد الخلايا الإنشائية.....(ص ٧٧)
- النمو الأولي.....(ص ٧٨)
- نمو وتشريح الساق.....(ص ٨٠)
- نمو وتشريح الأوراق.....(ص ٨١)

- النمو الثانوي.....(ص ٨٢)
- التحكم الجيني في الأزهار.....(ص ٨٢)

## الفصل الثاني

### الحصول على الموارد ونقلها في النباتات الوعائية

- عمليات التكيف للحصول على الموارد .....(ص ٨٥)
- تكيفات الجذور والأوراق لاكتساب الموارد.....(ص ٨٥)
- آليات مختلفة لنقل المواد لمسافات قصيرة أو طويلة.....(ص ٨٥)
- نقل الماء لمسافات قصيرة عبر الغشاء البلازمي.....(ص ٨٥)
- الأكوابورينات: تسهيل انتشار الماء.....(ص ٨٧)
- أبوبلاست وسيمبلاست: استمرارية النقل.....(ص ٨٧)
- النقل لمسافات طويلة.....(ص ٨٨)
- امتصاص الماء والأملاح.....(ص ٨٨)
- صعود عصارة الخشب.....(ص ٨٩)
- التكيفات التي تقلل فقدان الماء.....(ص ٩٠)
- نقل السكريات من المصادر.....(ص ٩٠)
- نقل السكر عبر اللحاء.....(ص ٩٠)

## الفصل الثالث

### التربة والتغذية في النبات

- التربة نظام بيئي حي ومعقد.....(ص ٩٣)
- العناصر الأساسية.....(ص ٩٣)
- غالبًا ما تتضمن تغذية النبات علاقات مع الكائنات الحية الأخرى.....(ص ٩٣)
- دور بكتيريا التربة في تغذية النبات بالنتروجين.....(ص ٩٣)
- بكتيريا الجذور.....(ص ٩٤)
- الفطريات وتغذية النبات.....(ص ٩٥)
- طرق أخرى لحصول أنواع من النباتات على غذائها.....(ص ٩٥)

## الفصل الرابع

### تكاثر مغطاة البذور

- الأزهار والإخصاب المزدوج والفواكه في دورة حياة مغطاة البذور.....(ص ٩٧)
- تركيب الزهرة ووظيفتها.....(ص ٩٧)
- طرق التلقيح.....(ص ٩٧)
- دورة حياة كاسيات البذور.....(ص ٩٨)

- نمو البذور وتركيبها.....(ص ٩٩)
- إنبات البذور.....(ص ١٠١)
- تركيب الفاكهة ووظيفتها.....(ص ١٠١)
- انتشار الثمار والبذور.....(ص ١٠٢)

## الفصل الخامس

### استجابات النبات للإشارات

- تساعد الهرمونات النباتية في تنسيق النمو والتكوين والاستجابة للمنبهات.....(ص ١٠٥)
- دراسة الهرمونات النباتية.....(ص ١٠٥)
- المزيد من الهرمونات النباتية المكتشفة حديثًا.....(ص ١٠٦)

### المراجع العامة للحقية.....(ص ١١٩)

## فهرس الاشكال

- شكل 1: مستويات التنظيم في جسم الفقاريات..... ١٣
- شكل 2: أنواع الانسجة الطلائية..... ١٥
- شكل 3 أنواع النسيج الضام الأصيل..... ١٦
- شكل 4: أنواع النسيج الضام الخاص..... ١٧
- شكل 5: أنواع الانسجة العضلية..... ١٧
- شكل 6: تركيب الخلية العصبية..... ١٨
- شكل 7: اجزاء الجهاز الهيكلي..... ٢٠
- شكل 8: التركيب الداخلي للعظم الطويل..... ٢١
- شكل 9: أنواع المفاصل في الهيكل العظمي..... ٢١
- شكل 10: التركيب المجهرى للعضلة الهيكلية..... ٢٢
- شكل 11: آلية انقباض اللييفات العضلية ( نظرية الخيوط المنزلقة)..... ٢٣
- شكل 12: دورة الجسور العرضية في انقباض العضلة..... ٢٣
- شكل 13: آلية الدفع والحركة في الأسماك..... ٢٤
- شكل 14: أنواع الخلايا العصبية في الجهاز العصبي المركزي والطرفي..... ٢٦
- شكل 15: مخطط يوضح تقسيمات الجهاز العصبي المركزي والطرفي ووظائفه..... ٢٧
- شكل 16: تكوين غمد المايلين حول المحور العصبي..... ٢٨
- شكل 17: آلية عمل مضخة الصوديوم والبوتاسيوم في غشاء الخلية..... ٢٩
- شكل 18: تركيب منطقة التشابك العصبي..... ٢٩
- شكل 19: آلية انتقال السيال العصبي عبر التشابك العصبي..... ٣٠
- شكل 20: تركيب الحبل الشوكي ومسار السيال العصبي بين الجلد والعضلات..... ٣١
- شكل 21: تأثير الجهاز العصبي الودي ونظير الودي على أعضاء الجسم..... ٣٢
- شكل 22: التركيب التشريحي للهيدرا وآلية التغذية..... ٣٤
- شكل 23: التركيب التشريحي للجهاز الهضمي في جسم الإنسان..... ٣٤
- شكل 24: التركيب التشريحي لجدار القناة المعوية المعوية..... ٣٥
- شكل 25: التركيب الداخلي لجدار المعدة والغدد المعوية..... ٣٥
- شكل 26: التركيب التشريحي للبنكرياس..... ٣٧
- شكل 27: تنظيم إفراز العصارات الهضمية بواسطة الهرمونات في الجهاز الهضمي..... ٣٨
- شكل 28: الدورة الدموية في الأسماك..... ٤٠
- شكل 29: الصمامات القلبية في وضعي الفتح والإغلاق..... ٤٠

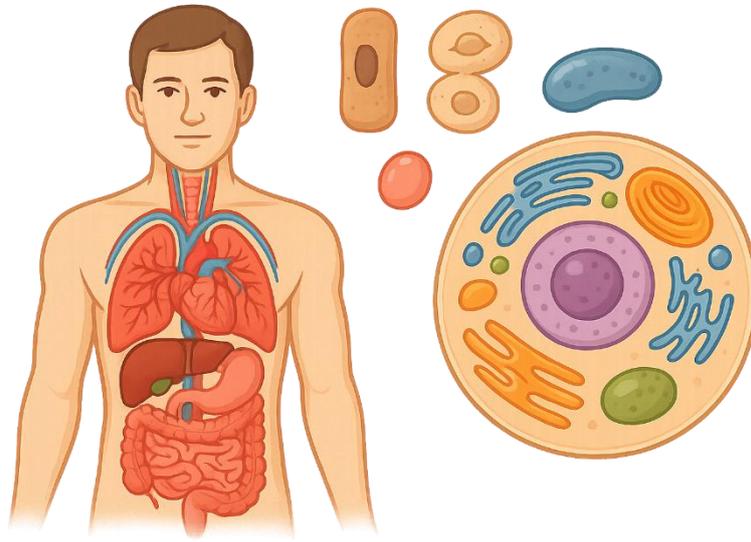
- شكل 30: مخطط الدورة الدموية في جسم الإنسان وآلية تدفق الدم في القلب..... ٤١
- شكل 31: خطوات قياس ضغط الدم باستخدام جهاز قياس الضغط وسماعة الطبيب..... ٤١
- شكل 32: تركيب الأوعية الدموية: الشرايين، الأوردة، والشعيرات الدموية..... ٤٢
- شكل 33: مخطط رسم القلب الكهربائي (ECG) يوضح موجات P-QRS-T..... ٤٢
- شكل 34: مسار انتقال السائل العصبي في القلب عبر العقد والألياف العصبية..... ٤٣
- شكل 35: مكونات الدم..... ٤٤
- شكل 36: مراحل تخثر الدم وتكوين الجلطة الدموية لإيقاف النزيف..... ٤٤
- شكل 37: آليات تبادل الغازات في الكائنات الحية المختلفة..... ٤٥
- شكل 38: تبادل الغازات بين الحويصلات الهوائية والأنسجة عبر الدورة الدموية..... ٤٦
- شكل 39: آلية عمل الخلايا القاتلة الطبيعية في الدفاع المناعي ضد الخلايا المستهدفة..... ٤٩
- شكل 40: استجابة الجهاز المناعي الفطري عند حدوث جرح ودخول البكتيريا..... ٤٩
- شكل 41: آلية عمل الخلايا التائية السامة (CD8) في الاستجابة المناعية الخلوية..... ٥٠
- شكل 42: التركيب العام للأجسام المضادة ومكوناتها الأساسية..... ٥١
- شكل 43: التركيب التشريحي للجهاز البولي والكلى ووحدة النفرون..... ٥٥
- شكل 44: التركيب الدقيق للنفرون ومسار الدم والبول داخل الكلي..... ٥٦
- شكل 45: نظرة عامة إلى نبات زهري..... ٧١
- شكل 46: الشعيرات الجذرية..... ٧٢
- شكل 47: الجذور الداعمة..... ٧٢
- شكل 48: جذور الدعامه..... ٧٢
- شكل 49: الجذور التخزينية..... ٧٢
- شكل 50: الجذور الهوائية..... ٧٢
- شكل 51: تحورات السيقان..... ٧٢
- شكل 52: الورقة البسيطة والمركبة..... ٧٣
- شكل 53: تحورات الاوراق..... ٧٣
- شكل 54: نظام الانسجة في النبات..... ٧٤
- شكل 55: الانسجة البرنشيمية..... ٧٥
- شكل 56: الانسجة الكولنشيمية..... ٧٥
- شكل 57: الانسجة السكلارنشيمية..... ٧٥
- شكل 58: خلايا الخشب..... ٧٦
- شكل 59: خلايا اللحاء..... ٧٦
- شكل 60: فترات النمو في النبات كل عام..... ٧٧

- ٧٧..... شكل 61: النمو الاولي في النبات
- ٧٨..... شكل 62: النمو الثانوي في النبات
- ٧٨..... شكل 63: قطاع في القمة النامية للجذر
- ٧٩..... شكل 64: التركيب الداخلي للجذر في ذوات الفلقة والفلقتين
- ٨٠..... شكل 65: قطاع في القمة النامية للساق
- ٨٠..... شكل 66: تركيب الساق في ذوات الفلقة والفلقتين
- ٨١..... شكل 67: قطاع عرضي في الورق
- ٨٢..... شكل 68: النمو الاولي والثانوي في الساق الخشبية
- شكل 69: منظر جانبي للزهور الاصلية والزهور مع طفرات هوية العضو ملاحظة : اذا تم قمع الجين A او الجين C سيتم التعبير عن الجين الاخر
- ٨٣..... شكل 70: لمحة عامة عن اكتساب الموارد ونقله في النبات
- ٨٦..... شكل 71: تأثير جهد الماء على امتصاص وفقدان الماء بواسطة خلية نباتية حية
- ٨٧..... شكل 72: طرق النقل لمسافات قصيرة في الخلايا النباتية
- ٨٨..... شكل 73: نقل المياه والمعادن من الشعيرة الجذرية الى نسيج الخشب
- ٨٩..... شكل 74: صعود عصارة الخشب
- ٩٠..... شكل 75: آلية فتح واغلاق الثغور
- ٩١..... شكل 76: اليات النقل في عناصر اللحاء
- ٩١..... شكل 77: التدفق الكتلي بالضغط الإيجابي في الانبوب الغربالي
- ٩٤..... شكل 78: دور بكتيريا التربة في تثبيت النيتروجين
- ٩٤..... شكل 79: مراحل تكوين العقدة الجذرية
- ٩٥..... شكل 80: من اليمين النباتات المتطفلة والهوائية وآكلات اللحوم
- ٩٧..... شكل 81: تركيب الزهرة النموذجية
- ٩٩..... شكل 82: دورة حياة كاسيات البذور
- ١٠٠..... شكل 83: نمو الاجنة في بذور النباتات
- ١٠٠..... شكل 84: تركيب البذرة الناضجة في ذوات الفلقة
- ١٠٠..... شكل 85: تركيب البذرة الناضجة في ذوات الفلقتين
- ١٠١..... شكل 86: مراحل انبات البذور في ذوات الفلقتين والفلقة
- ١٠٣..... شكل 87: بذور نبات البطيخ المتسلق
- ١٠٣..... شكل 88: بذور تشبه المظلة
- ١٠٣..... شكل 89: نباتات الحشائش الصحراوية
- ١٠٣..... شكل 90: ثمار شجرة السرو

- شكل 91: ثمار نبات التريلوس..... ١٠٣
- شكل 92: تجربة توضح أن انحناء السويقة نحو الضوء يعتمد على القمة النامية، وأن الإشارة المسؤولة تنتقل منها عبر مادة نافذة فقط..... ١٠٥
- شكل 93: تأثير سيادة القمة النامية عند ازالة القمة النامية..... ١٠٥
- شكل 94: تأثير الجبرلين على استضافة الساق ونمو الثمار..... ١٠٦
- شكل 95: تجميع العناصر الغذائية بواسطة الجبرلين اثناء إنبات بذور الحبوب..... ١٠٦

# الباب الأول

## فسيولوجيا الفقاريات



## مقدمة

تعد فسيولوجيا الفقاريات أحد الفروع الأساسية في علم الأحياء، حيث تهتم بدراسة الوظائف الحيوية لأجهزة وأعضاء الكائنات الفقارية مثل الإنسان والحيوان. وتكمن أهمية هذا العلم في كونه يفسر كيف تعمل الأعضاء المختلفة بشكل متكامل للحفاظ على الاتزان الداخلي (Homeostasis) وضمان استمرار الحياة.

إن فهم آليات عمل الجسم الفقاري – كالتنفس، والدوران، والإخراج، والهضم، والجهاز العصبي، والعضلي يساعد في تفسير الظواهر الحيوية، وتطوير التطبيقات الطبية والبيطرية، وتحسين الإنتاج الحيواني، وكذلك تعزيز المعرفة العلمية الأساسية حول طبيعة الحياة.

## الأهداف العامة

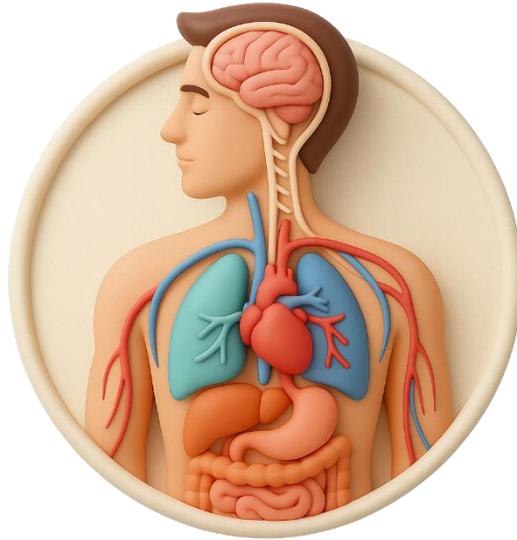
1. التعرف على الأسس الوظيفية لأعضاء وأجهزة الفقاريات.
2. فهم آليات التنظيم والتكامل بين الأجهزة الحيوية في جسم الكائن الحي.
3. تطبيق المفاهيم الفسيولوجية في المجالات الطبية والبيطرية والبحثية.
4. تطوير القدرة على تحليل وتفسير الظواهر الفسيولوجية المختلفة لدى الكائنات الفقارية.

## الأهداف الخاصة

1. دراسة وظائف أجهزة الجسم مثل الجهاز العصبي، والهضمي، والدوري، والتنفسي، والإخراجي، والتناسلي.
2. التعرف على الاختلافات الفسيولوجية بين أنواع الفقاريات (الأسماك، البرمائيات، الزواحف، الطيور، والثدييات).
3. توضيح العلاقة بين التركيب التشريحي والوظيفة الفسيولوجية لكل جهاز.
4. تدريب الطالب على إجراء التجارب الفسيولوجية وتحليل نتائجها علمياً.
5. ربط المفاهيم الفسيولوجية بالحياة اليومية والتطبيقات العملية في مجالات الصحة والزراعة والبيئة.

## الفصل الأول

### تنظيم جسم الفقاريات



## مستويات التنظيم في جسم الفقاريات

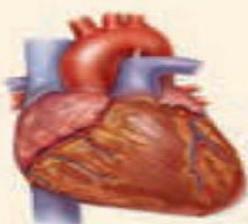
يتبع تنظيم الجسم في الفقاريات تسلسلاً هرمياً متدرجاً يبدأ من الوحدات البسيطة وصولاً إلى الأنظمة المعقدة، ويتألف من أربعة مستويات رئيسية:

### ١. الخلايا والأنسجة

- الخلايا (Cells) هي الوحدة الأساسية للحياة. يتكون جسم الحيوان الفقري من مئات الأنواع المختلفة من الخلايا المتخصصة (يصل عددها إلى ٢١٠ أنواع في الإنسان).
- الأنسجة (Tissues) هي مجموعات من الخلايا المتشابهة في التركيب والوظيفة. تنشأ جميع الأنسجة أثناء التطور الجنيني من ثلاث طبقات جرثومية أساسية: الإكتودرم (الخارجية)، الميزودرم (الوسطى)، والإندوديرم (الداخلية). في الحيوان البالغ، تتميز أربعة أنواع من الأنسجة الأساسية: الطلائي، الضام، العضلي، والعصبي.

### ٢. الأعضاء والأجهزة العضوية

- الأعضاء (Organs) هي وحدات تركيبية ووظيفية تتكون من أنواع مختلفة من الأنسجة التي تعمل معاً. فالقلب، على سبيل المثال، يتألف من أنسجة عضلية، وضامة، وطلائية، وعصبية.
- الأجهزة العضوية (Organ Systems) هي مجموعة من الأعضاء التي تتعاون لأداء وظيفة حيوية رئيسية. الجهاز الدوري، الذي يشمل القلب والأوعية الدموية، هو مثال على ذلك. يمتلك جسم الفقاريات ١١ جهازاً عضوياً رئيسياً.

جهاز عضوي	عضو	نسيج	خلية
الجهاز الدوري	القلب	نسيج عضلي قلبي	خلية عضلية قلبية
			

شكل 1: مستويات التنظيم في جسم الفقاريات

### ٣. خطة الجسم العامة والتجاويف

تتميز الفقاريات بخطة جسم عامة وهيكلية محددة:

- هيكل "أنبوب داخل أنبوب": يتكون الجسم من أنبوب خارجي رئيسي مدعوم بهيكل عظمي داخلي، ويحتوي بداخله على أنبوب داخلي هو القناة الهضمية.
- تجاويف الجسم: ينقسم الجسم إلى تجويفين رئيسيين:
  - التجويف الظهرى: يشمل الجمجمة والعمود الفقري.
  - التجويف البطني: في الثدييات، يقسمه عضلة الحجاب الحاجز إلى التجويف الصدري (يحتوي على القلب والرئتين) والتجويف البطني الحوضي (يحتوي على أعضاء الهضم والإخراج).

هذه التجاويف هي بقايا السيلوم (Coelom)، وهو التجويف الجنيني الناشئ من طبقة الميزودرم، والذي يتقلص في الحيوان البالغ ليُشكل أغشية متخصصة تحيط بالأعضاء مثل التجويف البريتوني حول أعضاء البطن، والتجويف الشغافي (البريكاردي) حول القلب، والتجويفان البلوريان حول الرئتين.

### النسيج الطلائي (Epithelial Tissue)

يُعرّف النسيج الطلائي بأنه النسيج الذي يغطي جميع أسطح الجسم الخارجية ويبطن تجاويفه وأعضائه الداخلية. ينشأ هذا النسيج من الطبقات الجرثومية الثلاث (الإكتودرم، الميزودرم، والإندودرم) ويشكل أيضًا الوحدات الوظيفية في الغدد.

### الخصائص والوظائف الرئيسية:

يتميز النسيج الطلائي بمجموعة من الخصائص التي تحدد وظائفه المتعددة:

١. وظيفة الحاجز (Barrier Function) يشكل حاجزًا انتقائيًا ينظم حركة المواد بين البيئة الخارجية وأعضاء الجسم. فهو يوفر الحماية من الجفاف ومسببات الأمراض (كما في الجلد)، ويسمح بالامتصاص الانتقائي للمغذيات (في الأمعاء)، ويتيح الانتشار السريع للغازات (في الرئة).
٢. الترابط الخلوي: تتميز خلاياه بترابطها الوثيق، مما يقلل الفراغات بينها ويعزز وظيفتها كحاجز.
٣. القطبية (Polarity) تمتلك خلاياه سطحين مختلفين: سطح قمّي (Apical) حر يواجه التجويف أو البيئة الخارجية، وسطح قاعدي (Basal) يرتكز على غشاء ليفي متخصص (الغشاء القاعدي) يربطه بالنسيج الضام الذي يليه.
٤. القدرة على التجدد: يمتلك قدرة هائلة على الانقسام وتجديد خلاياه باستمرار، وهو أمر حيوي للأسطح

المعرضة للتلف مثل الجلد (يتجدد كل أسبوعين) وبطانة المعدة (تتجدد كل 2-3 أيام).

## تصنيف الأنسجة الطلائية

يُصنّف النسيج الطلائي بناءً على عدد طبقات الخلايا وشكل الخلايا في الطبقة السطحية.

الأنسجة الطلائية		
<b>الطلائية البسيطة</b>		
<p><b>الحرشفي</b> الموقع النموذجي: بطانة الرئة، جدران الشعيرات الدموية و<span>بطانة الأوعية الدموية.</span> الوظيفة: الخلايا رقيقة، تشكل طبقة رقيقة يمكن أن يتم عبرها الانتشار بسهولة. أنواع الخلايا المميزة: خلايا طلائية.</p>	<p>خلية طلائية حرشفية نواة</p>	
<p><b>المكعب</b> الموقع النموذجي: بطانة بعض الغدد، وأنبيبات الكلية، وأغشية المبيض. الوظيفة: الخلايا غنية بقتوات ناقلة محددة، تعمل على الإفراز، والامتصاص. أنواع الخلايا المميزة: خلايا غدية.</p>	<p>خلية طلائية مكعبة نواة</p>	
<p><b>العمادي</b> الموقع النموذجي: البطانة السطحية للمعدة والأمعاء، وأجزاء من القناة التنفسية. الوظيفة: طبقة من الخلايا الأكثر سمكاً، تقدم الحماية، ولها وظيفة في الإفراز والامتصاص. أنواع الخلايا المميزة: خلايا طلائية.</p>	<p>خلية طلائية عمادية نواة خلية كأسية</p>	
<p><b>العمادي الطبقي الكاذب</b> الموقع النموذجي: بطانة أجزاء من القناة التنفسية. الوظيفة: إفراز المخاط، ذات أهداب كثيفة تساعد على تحريك المخاط، تقدم الحماية. أنواع الخلايا المميزة: خلايا غدية، خلايا طلائية مهدبة.</p>	<p>أهداب خلايا كأسية خلية عمادية طبقة كاذبة</p>	
<b>الطلائية الطبقة</b>		
<p><b>الحرشفي</b> الموقع النموذجي: الطبقة الخارجية للجلد، بطانة الفم. الوظيفة: طبقة قاسية من الخلايا، تقدم الحماية. أنواع الخلايا المميزة: خلايا طلائية.</p>		

شكل 2: أنواع الأنسجة الطلائية

## الغدد (Glands)

هي تراكيب متخصصة من النسيج الطلائي وظيفتها الإفراز.

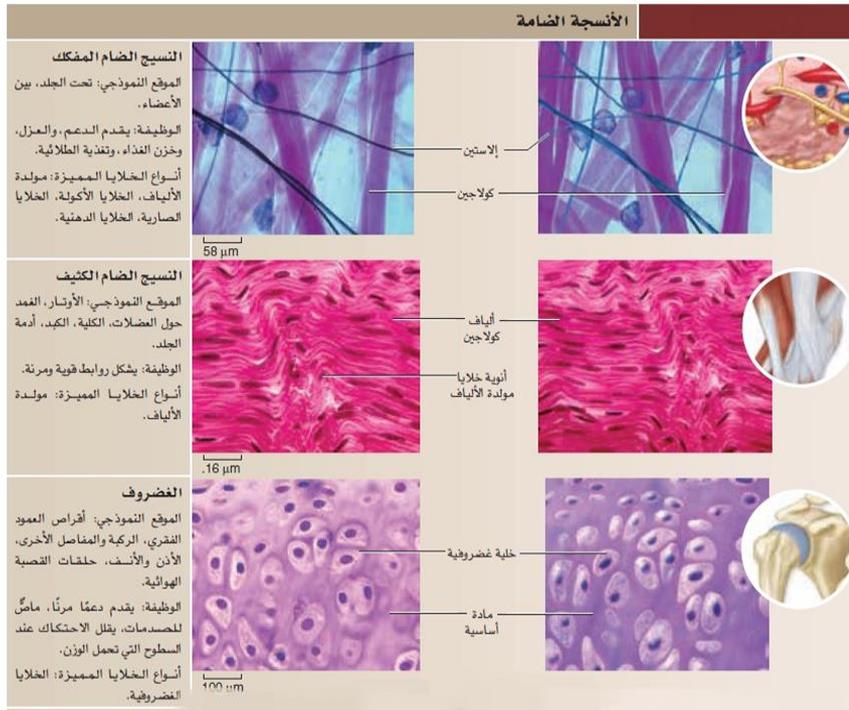
- الغدد خارجية الإفراز (Exocrine Glands) تحتفظ باتصالها بالسطح الطلائي عبر قنوات، وتفرز منتجاتها

(مثل العرق واللحاح) إلى سطح الجسم أو داخل تجاويفه.

- الغدد الصماء (Endocrine Glands) تفقد اتصالها بالسطح وتفرز منتجاتها (الهرمونات) مباشرة في مجرى الدم.

## الأنسجة الضامة (Connective Tissues)

تشتق الأنسجة الضامة من طبقة الميزودرم الجنينية، وتتميز عن غيرها من الأنسجة بوجود مادة بينية خارج خلوية) وفيرة تفصل بين خلاياها المتباعدة. تتكون هذه المادة البينية من ألياف بروتينية ومادة أساسية، وتختلف طبيعتها من سائلة (في الدم) إلى صلبة (في العظم)، مما يمنح كل نسيج خصائصه الفريدة. تُصنّف الأنسجة الضامة بشكل أساسي إلى مجموعتين رئيسيتين.



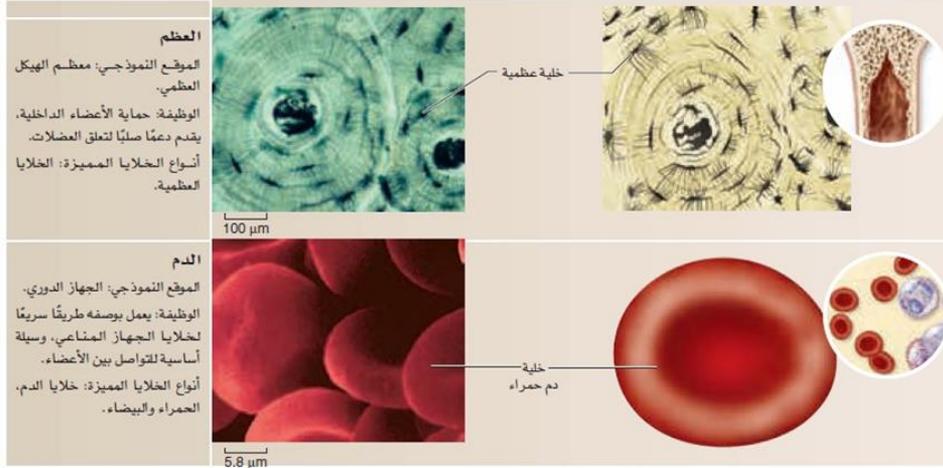
شكل 3 أنواع النسيج الضام الأصيل

### ١. النسيج الضام الأصيل (Connective Tissue Proper)

تنتج خلايا مولدة الألياف (Fibroblasts) المادة البينية في هذا النوع، والذي ينقسم إلى:

### ٢. النسيج الضام الخاص (Specialized Connective Tissue)

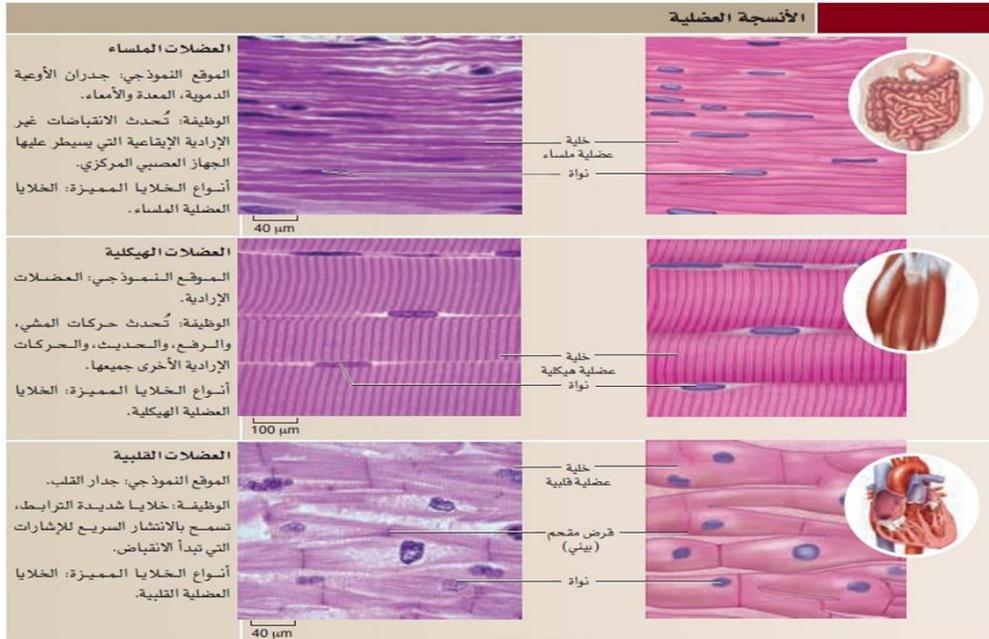
على الرغم من تنوعها الهائل في الشكل والوظيفة، تشترك جميع الأنسجة الضامة في أصلها الجنيني الواحد (الميزوديرم) وفي بنيتها الأساسية المكونة من خلايا متناثرة ضمن مادة بينية خارج خلوية.



شكل 4: أنواع النسيج الضام الخاص

## النسيج العضلي (Muscle Tissue)

يُعد النسيج العضلي مسؤولاً عن الحركة في جسم الفقاريات. تتميز خلاياه بوفرة وتنظيم دقيق لخيوط بروتيني الأكتين (Actin) والميوسين (Myosin) مما يمنحها قدرة متخصصة على الانقباض. تمتلك الفقاريات ثلاثة أنواع رئيسية من العضلات.

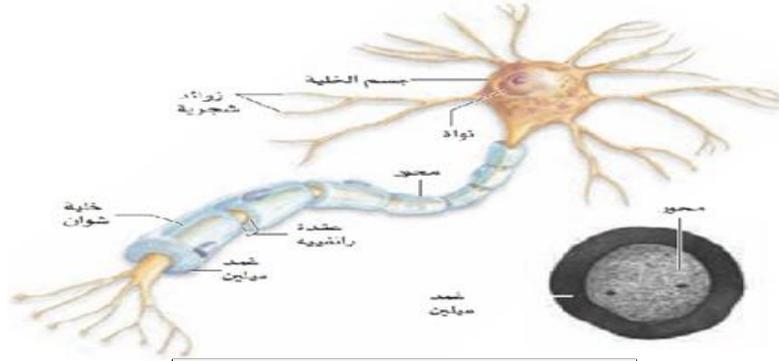


شكل 5: أنواع الانسجة العضلية

تنجز الأنواع الثلاثة من العضلات وظائف حيوية متباينة؛ فالعضلات الملساء تؤدي وظائف الأعضاء الداخلية، والعضلات الهيكلية تحرك الجسم، بينما تشكل العضلات القلبية المضخة العضلية للقلب.

## النسيج العصبي (Nervous Tissue)

يُشكل النسيج العصبي رابع أنواع الأنسجة الرئيسية في الفقاريات، وهو المسؤول عن التنسيق والاتصال داخل الجسم. يتألف هذا النسيج من نوعين رئيسيين من الخلايا: الخلايا العصبية (Neurons) وهي الوحدات الوظيفية الأساسية، وخلايا الدبق العصبي (Neuroglia) التي توفر الدعم والحماية.



شكل 6: تركيب الخلية العصبية

### 1. تنظيم الجهاز العصبي

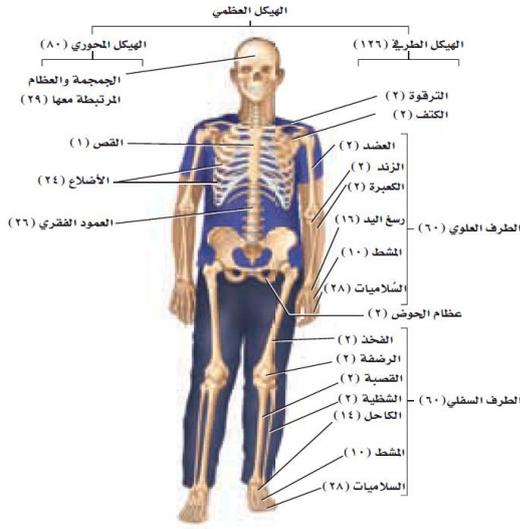
ينقسم الجهاز العصبي إلى قسمين رئيسيين:

- الجهاز العصبي المركزي (CNS) يتكون من الدماغ والحبل الشوكي. وظيفته هي معالجة وتكامل المعلومات الواردة من الجسم وإصدار الأوامر.
- الجهاز العصبي الطرفي (PNS) يتكون من الأعصاب (حزم من المحاور) والعقد العصبية (تجمعات لأجسام الخلايا العصبية). وظيفته هي توصيل الإشارات بين الجهاز العصبي المركزي وبقية أعضاء الجسم كالعضلات والغدد.

## الفصل الثاني الجهاز الهيكلي



## أنواع الجهاز الهيكلي



أقسامه:

- الهيكل المحوري: يشمل الجمجمة، العمود الفقري، الأضلاع، والقص.
- الهيكل الطرفي: يشمل عظام الأطراف والأحزمة الصدرية والحوضية.

شكل 7: أجزاء الجهاز الهيكلي

## نظرة فاحصة على العظم في الفقاريات

العظم نسيج ضام حيوي وديناميكي يخضع لعمليات بناء وتطور وإعادة تشكيل مستمرة.

### أ. تكوين العظم (Ossification)

- التكوين داخل الغشائي: تتكون فيه العظام (مثل عظام الجمجمة المسطحة) مباشرة داخل طبقات من النسيج الضام. تقوم الخلايا البانية للعظم (Osteoblasts) بإفراز بلورات هيدروكسي أباتيت (فوسفات الكالسيوم) على ألياف الكولاجين.
- التكوين الغضروفي الداخلي: تتكون فيه معظم العظام (مثل الأطراف الطويلة) عن طريق استبدال نموذج غضروفي أولي بنسيج عظمي حي.

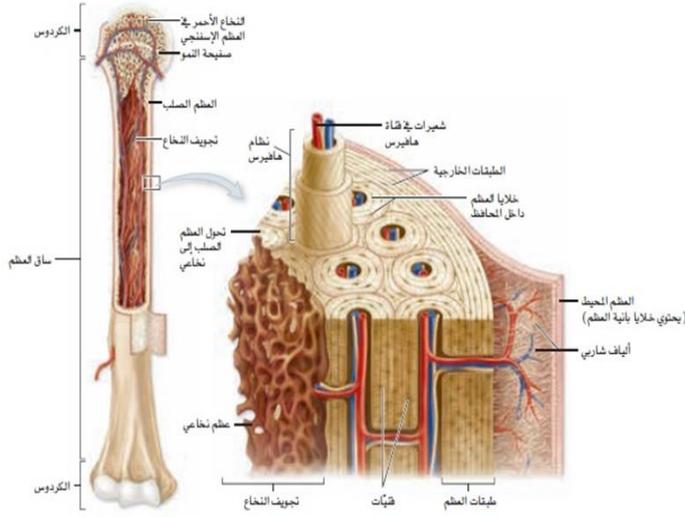
### ب. تركيب العظم:

- الخلايا: يتكون من خلايا بانية للعظم (Osteoblasts) خلايا عظمية (Osteocytes) محاطة بالمادة الصلبة، وخلايا هادِمة للعظم (Osteoclasts) مسؤولة عن إعادة التشكيل.
- الأنواع: يُصنّف إلى عظم صلب (مصمت) خارجي، وعظم إسفنجي داخلي.

- نظام هافيرس: في العظم الصلب، تترتب الخلايا بشكل دوائر متحدة المركز حول قنوات هافيرس التي تحتوي على أوعية دموية وأعصاب، مما يبقي النسيج حيًا.

### ج. إعادة تشكيل العظم (Bone Remodeling)

يستجيب العظم للضغوط الميكانيكية. فالقوى المتكررة (مثل التمارين الرياضية) تولد تأثيرًا كهربائيًا ضغطيًا (Piezoelectric effect) في بلورات الهيدروكسي أباتيت، مما يحفز الخلايا البانية للعظم لزيادة كثافة العظم وقوته.

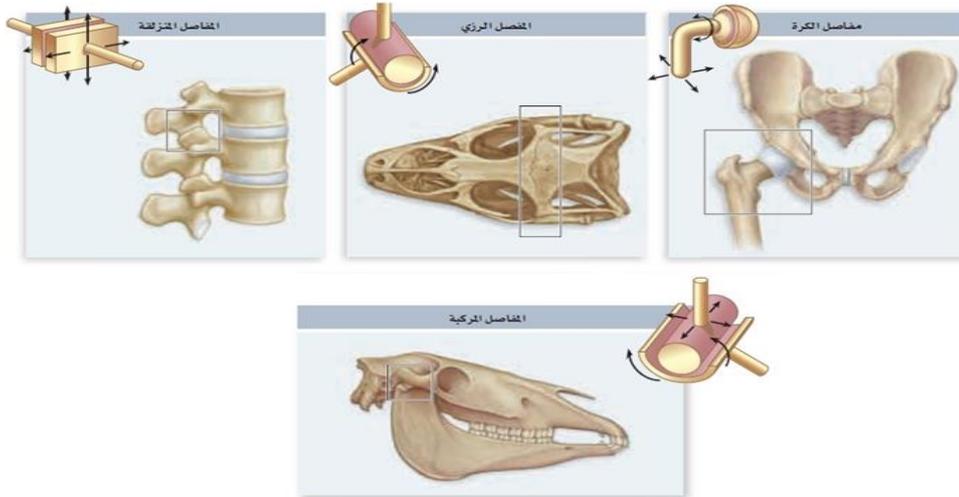


شكل 8: التركيب الداخلي للعظم الطويل

### المفاصل وآلية الحركة

تحدث الحركة عند المفاصل، وهي نقاط التقاء العظام.

- أنواع المفاصل: تُصنف إلى عديمة الحركة (درزات الجمجمة)، قليلة الحركة (بين الفقرات)، وحررة الحركة (المفاصل الزلالية كالركبة والورك).

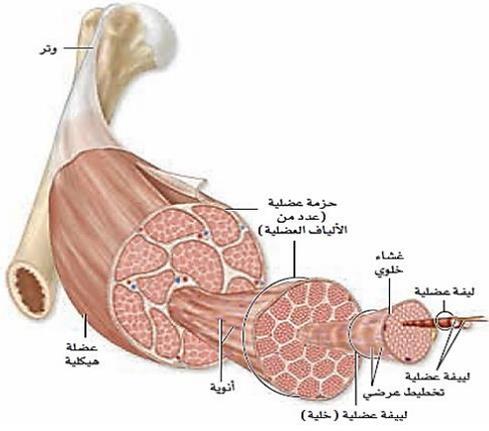


شكل 9: أنواع المفاصل في الهيكل العظمي

- عمل العضلات: ترتبط العضلات بالعظام عبر الأوتار (Tendon). لكل عضلة أصل (Origin) (نقطة الارتباط الثابتة) ومرتكز (Insertion) (نقطة الارتباط المتحركة). تعمل العضلات في أزواج متعاكسة: عضلة رائدة (Agonist) تسبب الحركة، وعضلة مضادة (Antagonist) تعكسها.

### آلية انقباض العضلات الهيكلية

يتم انقباض العضلات على المستوى الجزيئي وفقاً لنظرية الخيوط المنزقة.



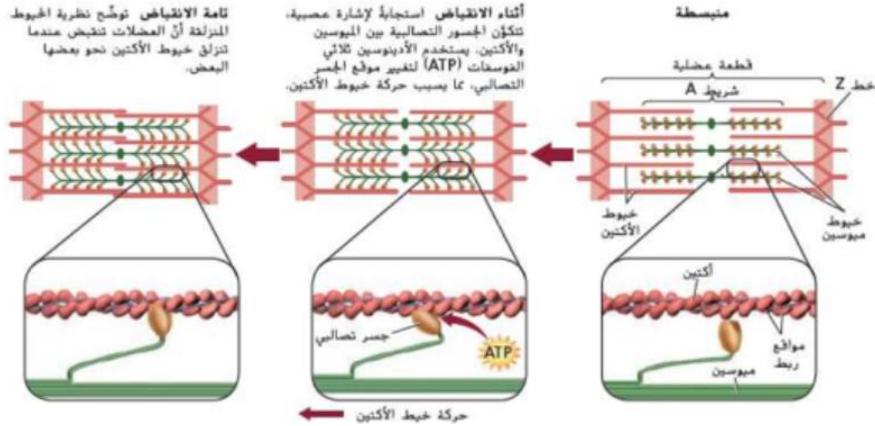
شكل 10: التركيب المجهرى للعضلة الهيكلية

### أ. التركيب المجهرى

- يتكون الليف العضلي من لبيفات، وهذه بدورها تتكون من وحدات متكررة تسمى القطعة العضلية (Sarcomere). تحتوي كل قطعة عضلية على نوعين من الخيوط:
- خيوط غليظة: تتكون من بروتين الميوسين (Myosin) ذي الرؤوس المتحركة.
- خيوط رقيقة: تتكون بشكل أساسي من بروتين الأكتين (Actin).

### ب. دورة الجسور العرضية

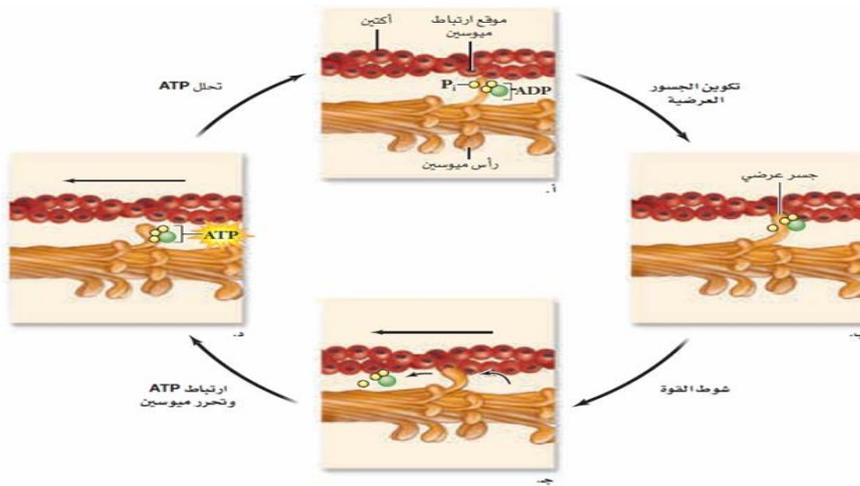
1. الارتباط: يرتبط رأس الميوسين (بعد تنشيطه بجزيء ATP) بموقع نشط على خيط الأكتين، مكوناً جسراً عرضياً.
2. شوط القوة: يقوم رأس الميوسين بالانثناء، ساحباً خيط الأكتين نحو مركز القطعة العضلية، مما يقصرها ويسبب الانقباض.
3. الانفصال: يرتبط جزيء ATP جديد برأس الميوسين، مما يجعله ينفصل عن الأكتين.
4. تتكرر الدورة طالما أن العضلة مُحَقَرَة.



شكل 11: آلية انقباض اللييفات العضلية ( نظرية الخيوط المنزلقة )

### ج. دور الكالسيوم في التنظيم

- في حالة الراحة، تقوم بروتينات التروبوميوسين والتروبونين الموجودة على خيط الأكتين بحجب مواقع ارتباط الميوسين.
- عند وصول سيال عصبي، يتم إطلاق أيونات الكالسيوم ( $Ca^{+2}$ ) من الشبكة العضلية البلازمية.
- يرتبط الكالسيوم ببروتين التروبونين، مما يغير شكله ويُزجح التروبوميوسين، كاشفاً بذلك مواقع ارتباط الميوسين، فتبدأ دورة الجسور العرضية ويحدث الانقباض.



دورة الجسر العرضي في انقباض العضلة.

- أ. إن تحطيم ATP عن طريق ميوسين يُنتج تغيراً في شكل رأس ميوسين، ويحولته إلى الوضع النشط، ويبقى ADP و  $P_i$  ملتصقين برأس ميوسين الذي يستطیع الآن الارتباط بأكتين.
- ب. يرتبط ميوسين بأكتين ليشكل الجسر العرضي.
- ج. يعود ميوسين إلى شكله الأصلي خلال شوط القوة، ويطلق ADP و  $P_i$ .
- د. يرتبط جزيء ATP برأس ميوسين، فيسبب انفكاك الجسر العرضي، ويتمه تحطيم ATP ليميد رأس ميوسين إلى الحالة النشطة لتبدأ الدورة من جديد.

شكل 12: دورة الجسور العرضية في انقباض العضلة

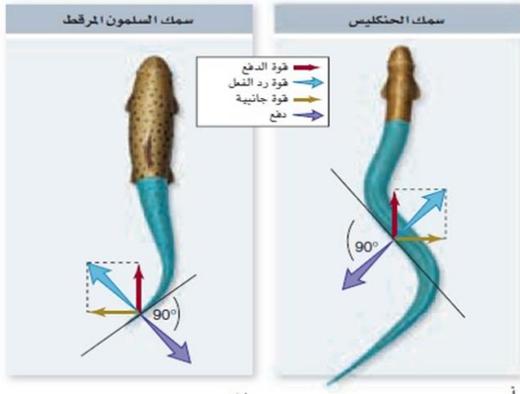
## د. أنواع الألياف العضلية

- ألياف بطيئة الومضة (حمراء): غنية بالميتوكوندريا والميوجلوبين، تعتمد على التنفس الهوائي، وتتميز بقدرتها على التحمل ومقاومة التعب.
- ألياف سريعة الومضة (بيضاء): تعتمد على التنفس اللاهوائي والجليكوجين، تنقبض بقوة وتصاب بالتعب

## نمط حركة الحيوان

تتنوع طرق الحركة بتنوع البيئات، ولكن المبادئ الفيزيائية تبقى واحدة.

- الحركة في الماء: التحدي الرئيسي هو الاحتكاك تتغلب عليه الحيوانات بالدفع الهيدروليكي (الحبار)، أو الحركة التموجية للجسم (الأسماك)، أو باستخدام أطرافها كالمجاديف (البط والسلاحف).



شكل 13: آلية الدفع والحركة في الأسماك

- الحركة على اليابسة: التحدي الرئيسي هو الجاذبية. تطورت الأطراف للدعامة والدفع. زيادة عدد الأرجل (في المفصليات) تزيد من الاتزان، ولكنها تحد من السرعة، بينما تسمح الأرجل الأربع (في الفقاريات) بأنماط حركة سريعة كالركض والقفز.
- الطيران: يعتمد على توليد قوة رفع عن طريق دفع الهواء للأسفل بالأجنحة، والاستفادة من فرق الضغط بين سطحي الجناح العلوي والسفلي

## الفصل الثالث الجهاز العصبي

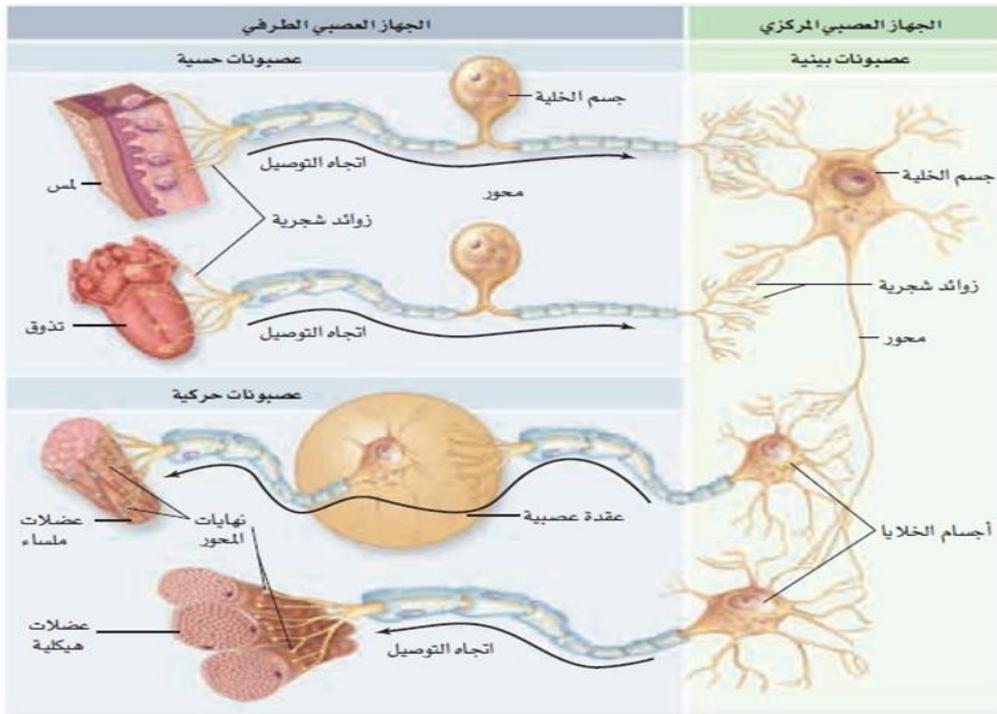


## التنظيم الأساسي للجهاز العصبي

يعمل الجهاز العصبي كنظام اتصال وتحكم سريع، حيث يقوم بجمع المعلومات ومعالجتها وإصدار الأوامر للحفاظ على الاتزان الداخلي والاستجابة للمنبهات. يتكون من وحدات أساسية ووظيفية محددة.

### أ. أنواع الخلايا العصبية:

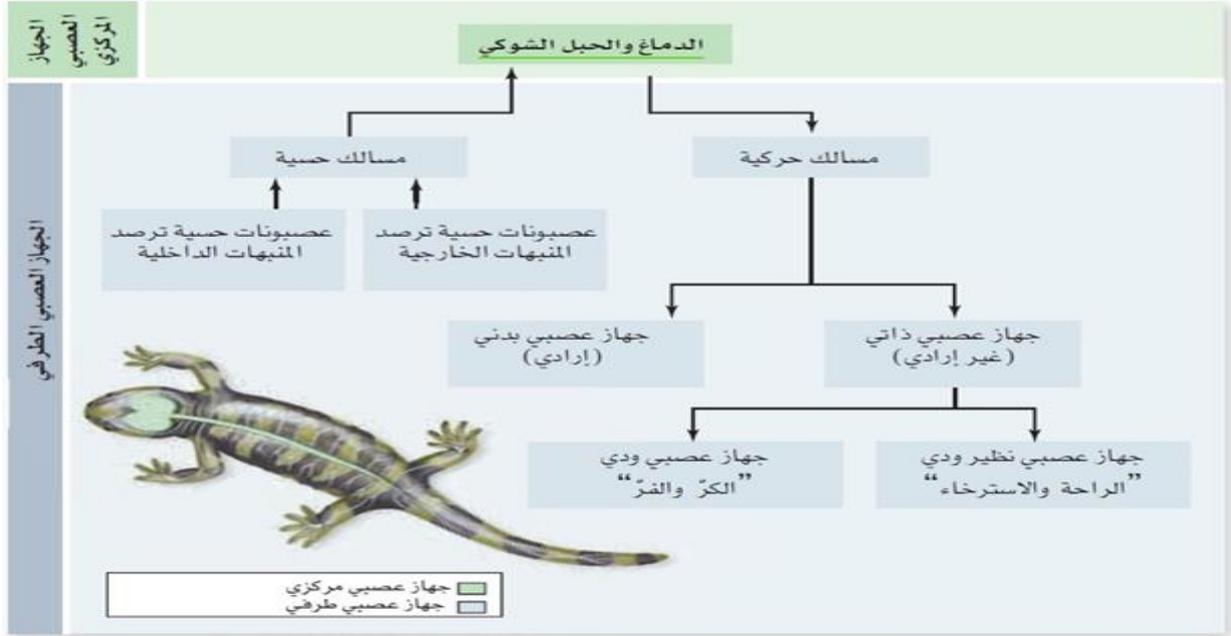
1. الخلايا الحسية (الواردة): تنقل المعلومات من المستقبلات الحسية (مثل الجلد والعين) إلى الجهاز العصبي المركزي.
2. الخلايا الحركية (الصادرة): تنقل الأوامر من الجهاز العصبي المركزي إلى الأعضاء المستجيبة (العضلات والغدد).
3. الخلايا البينية (الرابطة): توجد داخل الجهاز العصبي المركزي، وتقوم بمعالجة المعلومات وربط الخلايا العصبية الحسية بالحركية، وهي أساس الوظائف المعقدة كالتعلم والذاكرة.



شكل 14: أنواع الخلايا العصبية في الجهاز العصبي المركزي والطرفي

## ب. أقسام الجهاز العصبي

- الجهاز العصبي المركزي (CNS) مركز التحكم، ويتكون من الدماغ والحبل الشوكي.
- الجهاز العصبي الطرفي (PNS) يتكون من الأعصاب والعقد العصبية خارج الجهاز المركزي، ويعمل كشبكة توصيل بينه وبين باقي أجزاء الجسم.



شكل 15: مخطط يوضح تقسيمات الجهاز العصبي المركزي والطرفي ووظائفه

## الخلية العصبية (العصبون):

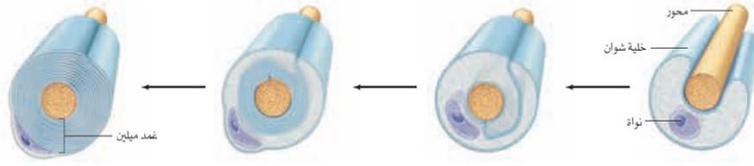
هي الوحدة التركيبية والوظيفية للجهاز العصبي، وتتميز بتركيب فريد يدعم وظيفتها.

### أ. تركيب العصبون

- جسم الخلية: يحتوي على النواة.
- الزوائد الشجرية (Dendrites) امتدادات متفرعة تستقبل الإشارات من الخلايا العصبية الأخرى.
- المحور (Axon) امتداد طويل ومفرد ينقل السيال العصبي بعيدًا عن جسم الخلية.

## ب. الخلايا الداعمة (الدبق العصبي)

هي خلايا غير عصبية تدعم الخلايا العصبية وتقومها عددًا.



شكل 16: تكوين غمد الماييلين حول المحور العصبي

- الوظيفة: توفر الغذاء، تزيل الفضلات، وتدعم الخلايا العصبية هيكلًا.
- غمد الماييلين (Myelin Sheath) أهم وظائفها هو تكوين غلاف دهني عازل حول المحاور. تقوم به خلايا شوان في الجهاز الطرفي، وخلايا الدبق قليلة الزوائد في الجهاز المركزي. هذا الغلاف يزيد من سرعة نقل السيال العصبي بشكل كبير.
- عُقد رانفييه: هي فجوات غير معزولة على طول المحور الماييلي، "يقفز" السيال العصبي بينها في عملية تُعرف بالنقل الوثبي.

## السيال العصبي: لغة الجهاز العصبي

تتواصل الخلايا العصبية عبر إشارات كهربائية تنتج عن حركة الأيونات عبر غشائها البلازمي.

### أ. جهد الراحة (Resting Potential)

عندما تكون الخلية العصبية غير محفزة، تحافظ على فرق جهد كهربائي عبر غشائها يبلغ حوالي  $-70\text{ mV}$ ، حيث يكون داخل الخلية سالبًا مقارنةً بخارجها. ينشأ هذا الجهد بسبب:

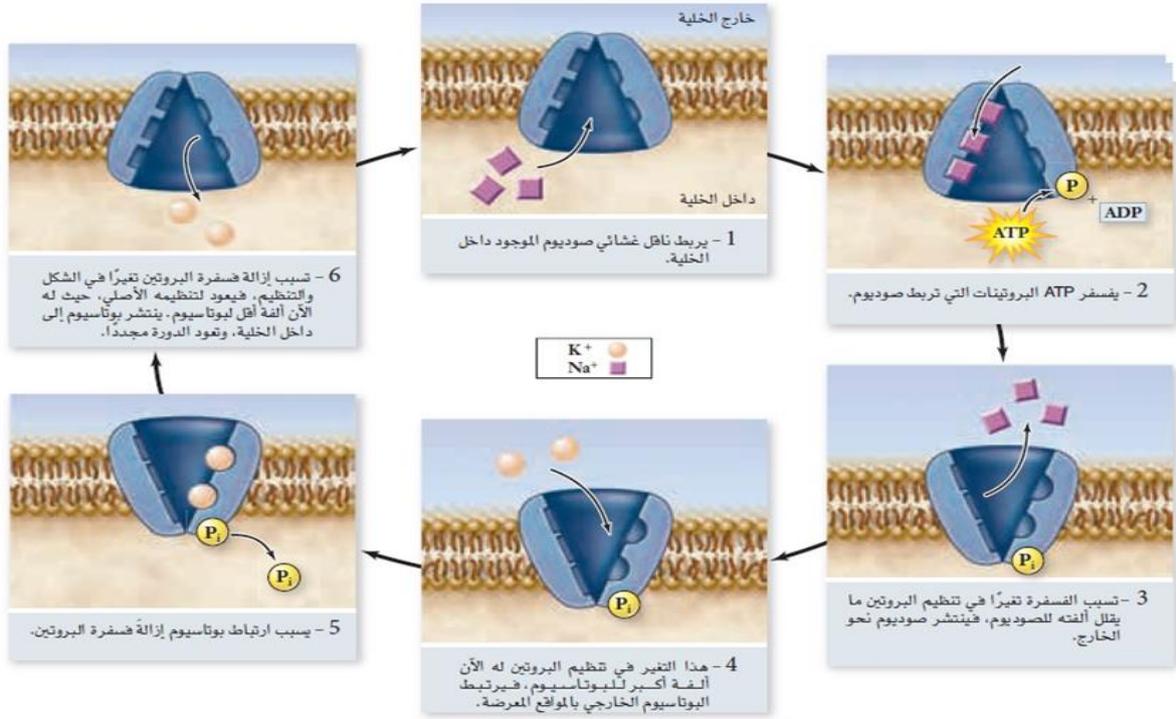
1. مضخة الصوديوم-البوتاسيوم: تضخ ٣ أيونات صوديوم  $\text{Na}^+$  للخارج مقابل أيوني بوتاسيوم  $\text{K}^+$  للداخل.
2. قنوات التسريب: وجود عدد كبير من قنوات تسريب البوتاسيوم المفتوحة دائمًا، مما يسمح بخروج شحنات موجبة من الخلية.

### ب. جهد الفعل (Action Potential)

هو التغير السريع والمؤقت في جهد الغشاء الذي يشكل السيال العصبي. وهو حدث من نوع "الكل أو العدم".

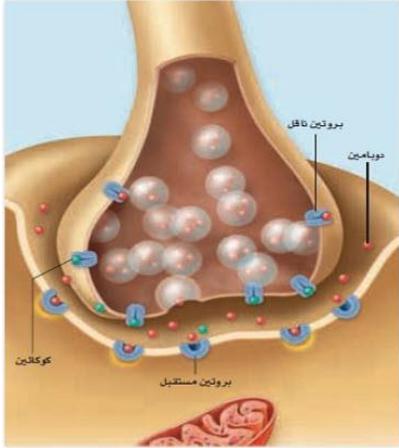
1. إزالة الاستقطاب (الطور الصاعد): عند وصول منبه كافٍ إلى عتبة التنبيه (حوالي  $-55\text{ mV}$ )، تفتح قنوات الصوديوم الممبوبة بفرق الجهد، فيتدفق  $\text{Na}^+$  إلى داخل الخلية، مما يعكس الشحنة لتصبح موجبة.
2. إعادة الاستقطاب (الطور الهابط): تغلق قنوات الصوديوم وتفتح قنوات البوتاسيوم الممبوبة بفرق الجهد، فيتدفق  $\text{K}^+$  إلى خارج الخلية، ليعود الجهد إلى السالب.

٣. ينتشر جهد الفعل كنقطة إثارة متجددة على طول المحور حتى نهايته.



شكل 17: آلية عمل مضخة الصوديوم والبوتاسيوم في غشاء الخلية

## التشابك العصبي: نقطة الاتصال



شكل 18: تركيب منطقة التشابك العصبي

هو منطقة الاتصال بين خلية عصبية وأخرى، أو بين خلية عصبية وخلية مستجيبة (عضلية أو غدية).

- التشابك الكهربائي: نادر في الفقاريات، يتم فيه نقل الإشارة مباشرة عبر مفاصل فجوية.
- التشابك الكيميائي: هو السائد، يتم فيه تحويل الإشارة الكهربائية إلى إشارة كيميائية.

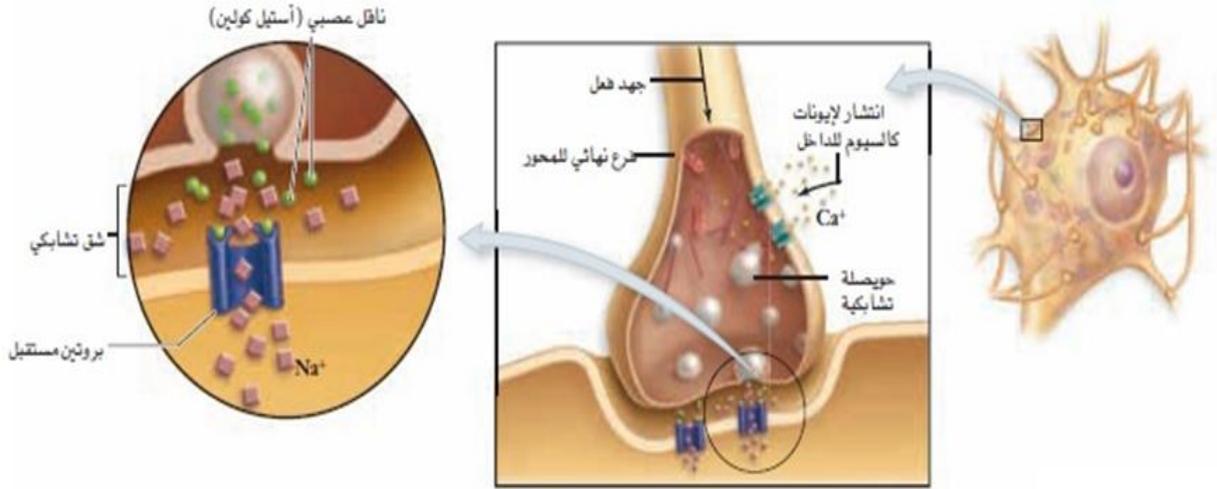
## آلية التشابك الكيميائي:

1. وصول جهد الفعل إلى نهاية المحور.
2. فتح قنوات الكالسيوم ( $Ca^{2+}$ ) الميوبة بفرق الجهد، مما يسمح بدخول الكالسيوم.
3. يحفز الكالسيوم الحويصلات التشابكية على الاندماج مع الغشاء وتحرير النواقل العصبية في الشق التشابكي.

4. ترتبط النواقل العصبية بمستقبلات على غشاء الخلية بعد التشابكية، مما يسبب استجابة فيها (إما تهيج أو تثبيط).

### التكامل التشابكي

يتلقى العصبون الواحد آلاف الإشارات المهيجة والمثبطة في نفس الوقت. ويقوم بدمجها (التجميع المكاني والزمني)، فإذا وصل مجموع هذه الإشارات إلى عتبة التنبيه، يُطلق العصبون جهد فعل.



شكل 19: آلية انتقال السيال العصبي عبر التشابك العصبي

## الجهاز العصبي المركزي (الدماغ والحبل الشوكي)

### أ. الدماغ

مركز معالجة المعلومات والتحكم الأعلى. تطور بشكل كبير في الفقاريات، خاصة الدماغ الأمامي الذي أصبح مهيمناً.

- المخ (Cerebrum) أكبر أجزاء دماغ الإنسان، ومسؤول عن الوظائف العليا. سطحه الخارجي (قشرة المخ) هو موقع الوعي، التفكير، اللغة، والذاكرة.
- المخيخ (Cerebellum) ينسق الحركات الإرادية والتوازن.
- جذع الدماغ: ينظم الوظائف الحيوية الأساسية كالتنفس ومعدل ضربات القلب.

### ب. الحبل الشوكي

يمتد من الدماغ عبر العمود الفقري.

- الوظيفة: يعمل كطريق سريع لنقل المعلومات بين الدماغ والجسم، كما أنه مركز للتحكم في الأفعال

الانعكاسية (Reflexes) السريعة واللاإرادية.

## الجهاز العصبي الطرفي

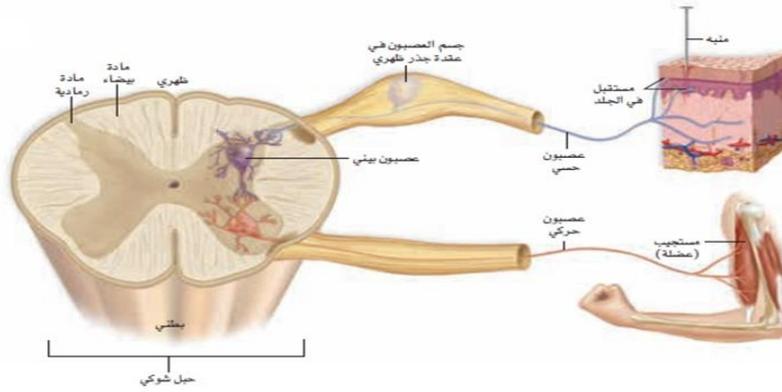
يتكون من الأعصاب التي تربط الجهاز المركزي بباقي الجسم.

### أ. الجهاز العصبي الجسمي (Somatic)

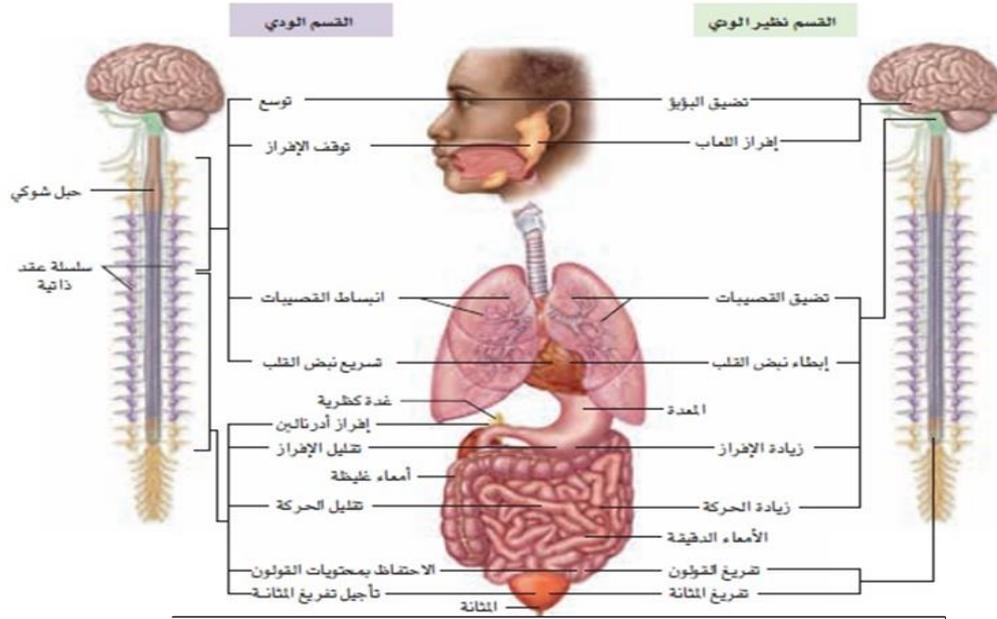
- الوظيفة: يسيطر على الحركات الإرادية للعضلات الهيكلية.

### ب. الجهاز العصبي الذاتي (Autonomic)

- الوظيفة: ينظم الوظائف اللاإرادية للأعضاء الداخلية (القلب، الأوعية الدموية، الغدد).
- القسم السمبثاوي (Sympathetic) يهيئ الجسم لحالات الطوارئ (استجابة "الكر أو الفر")
- القسم جار السمبثاوي (Parasympathetic) يهيمن في حالات الراحة (استجابة "الراحة والهضم"). يعمل القسمان بشكل متعاكس للحفاظ على أوزان الجسم.

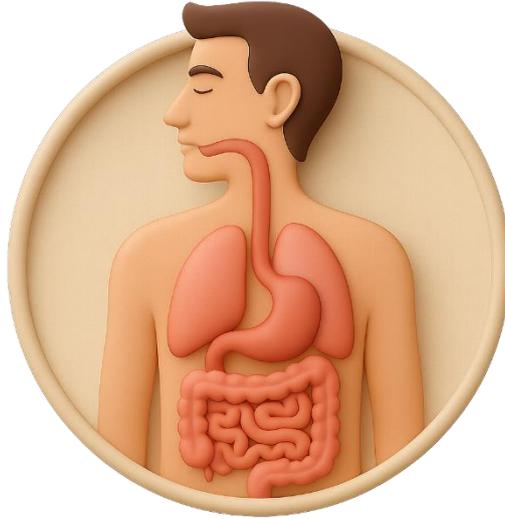


شكل 20: تركيب الحبل الشوكي ومسار السيال العصبي بين الجلد والعضلات



شكل 21: تأثير الجهاز العصبي الودي ونظير الودي على أعضاء الجسم

## الفصل الرابع الجهاز الهضمي



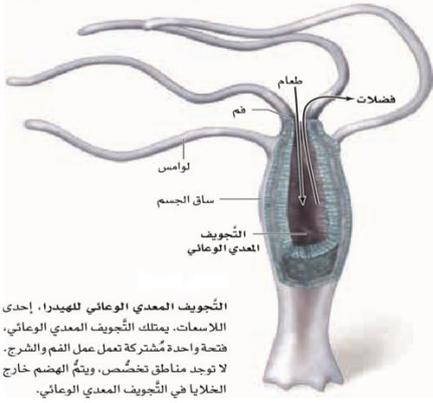
## مبادئ الهضم وأنماط التغذية

الهضم هو عملية تحويل جزيئات الطعام الكبيرة والمعقدة إلى وحدات بنائية صغيرة قابلة للامتصاص.

تُصنّف الحيوانات بناءً على مصدر غذائها إلى:

- آكلات الأعشاب (Herbivores) تتغذى على النباتات.
- آكلات اللحوم (Carnivores) تتغذى على حيوانات أخرى.
- خليطة التغذية (Omnivores) تتغذى على النباتات والحيوانات.

تتم عملية الهضم إما داخل الخلايا (كما في الإسفنجيات) أو خارج الخلايا في تجويف هضمي، وهو الأسلوب السائد في معظم الحيوانات. ويتخذ الجهاز الهضمي شكلين رئيسيين:



التجويف المعوي للهديرا، إحدى اللامعات، يمتلك التجويف المعوي الوعائي، فتحة واحدة مُشتركة تعمل عمل الفم والشرج. لا توجد مناطق تخصص، ويتم الهضم خارج الخلايا في التجويف المعوي الوعائي.

شكل 22: التركيب التشريحي للهديرا وآلية التغذية

1. التجويف المعوي الوعائي: جهاز هضمي بسيط له فتحة واحدة تعمل كفم وشرج (مثل اللامعات).

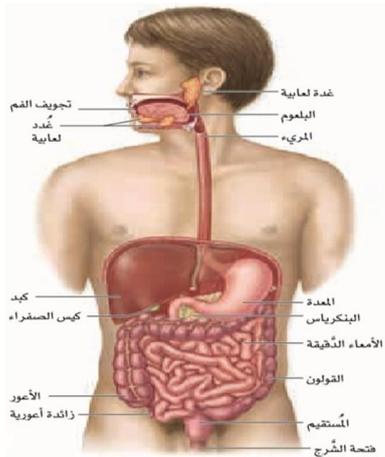
2. القناة الهضمية: أنبوب متخصص يمتد من الفم إلى الشرج، مما يسمح بتخصص كل منطقة في وظيفة معينة (هضم، امتصاص، تخزين).

## رحلة الطعام في جهاز الفقاريات الهضمي

يتكون جهاز الفقاريات الهضمي من قناة أنبوبية وأعضاء مساعدة، وتتم عملية الهضم عبر عدة مراحل متسلسلة.

### أ. الفم والأسنان

- الوظيفة: تبدأ عملية الهضم هنا بالتقطيع والطحن الميكانيكي للطعام بواسطة الأسنان (المضغ)، والترطيب والتحليل الكيميائي الأولي للنشويات بواسطة اللعاب الذي يحتوي على إنزيم الأميليز اللعابي.
- تكيف الأسنان: يعكس شكل الأسنان طبيعة الغذاء؛ فآكلات اللحوم لها أنياب حادة للتمزيق، وآكلات الأعشاب لها أضراس مسطحة للطحن، بينما يمتلك الإنسان أسنناً خليطة.
- البلع: عملية مُنسّقة تبدأ إراديًا ثم تصبح لا إرادية، حيث يدفع اللسان الطعام إلى البلعوم، ويقوم لسان المزمار



شكل 23: التركيب التشريحي للجهاز الهضمي في جسم الإنسان



### ج. الأمعاء الدقيقة (Small Intestine)

هي الموقع الرئيسي لإتمام عملية الهضم وامتصاص معظم المواد الغذائية.

- **التركيب:** تتكون من اثنا عشر، الصائم، واللغائفي. يتميز جدارها بوجود طيات وتنوعات إصبعية الشكل تسمى الخملات (Villi)، والتي تغطيها تنوعات أدق تسمى الخملات الدقيقة (Microvilli)، مما يزيد من مساحة سطح الامتصاص بشكل هائل (حوالي ٣٠٠ متر مربع في الإنسان).

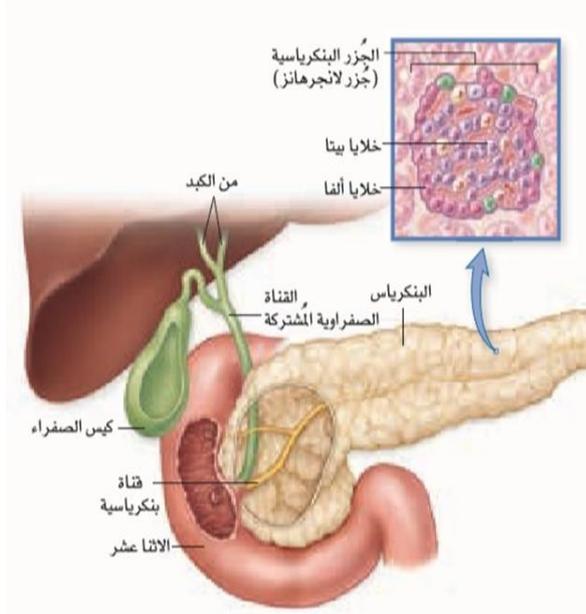
#### ● الوظيفة:

١. إتمام الهضم: تستقبل إفرازات من البنكرياس والكبد، بالإضافة إلى إنزيمات "حافة الفرشاة" الموجودة على الخملات الدقيقة، لإتمام هضم الكربوهيدرات والبروتينات والدهون.
٢. الامتصاص: تمتص السكريات الأحادية والأحماض الأمينية وتُنقل إلى الدم، بينما تمتص نواتج هضم الدهون وتُجمع في جزيئات الكيلومايكرونات التي تدخل الجهاز الليمفاوي أولاً.

### د. الأمعاء الغليظة (Large Intestine / Colon)

- الوظيفة: هي الجزء الأخير من القناة الهضمية، ووظيفتها الأساسية هي امتصاص الماء والأملاح المتبقية، وتكوين وتخزين البراز (الفضلات).
- بكتيريا القولون: تعيش فيها أعداد هائلة من البكتيريا النافعة التي تقوم بتخمير الألياف غير المهضومة وتنتج فيتامينات ضرورية مثل فيتامين ك.
- الإخراج: يتم التخلص من البراز عبر المستقيم ثم فتحة الشرج، التي يتحكم فيها صمامان (داخلي لا إرادي وخارجي إرادي).

## الأعضاء الهضمية المساعدة



شكل 26: التركيب التشريحي للبنكرياس

هي أعضاء تقع خارج القناة الهضمية ولكنها تفرز مواد أساسية لعملية الهضم.

- البنكرياس (Pancreas) يفرز عصارة بنكرياسية قلبية تحتوي على إنزيمات هاضمة قوية (مثل التربسين لهضم البروتين، والأميليز للنشا، واللايباز للدهون)، كما أنه يفرز هرموني الأنسولين والجلوكاجون لتنظيم سكر الدم.
- الكبد (Liver) أكبر أعضاء الجسم الداخلية، يقوم بإنتاج العصارة الصفراوية (Bile) التي تعمل على استحلاب الدهون (تفتيتها إلى قطرات صغيرة). كما يقوم الكبد بوظائف أيضية حيوية أخرى مثل إزالة السموم وتصنيع بروتينات الدم.
- المرارة (Gallbladder) كيس صغير يقوم بتخزين وتركيز العصارة الصفراوية التي ينتجها الكبد.

## تكيفات هضمية متخصصة في الفقاريات

طورت الحيوانات، خاصة آكلات الأعشاب، تكيفات لهضم السليلوز، وهو مكون رئيسي في جدران الخلايا النباتية لا تستطيع معظم الحيوانات هضمه بنفسها.

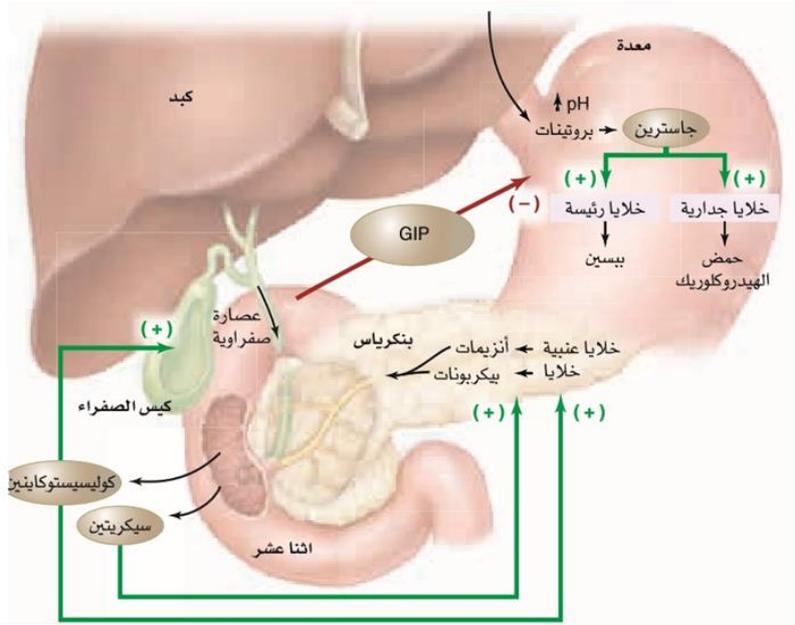
- المجترات (Ruminants) مثل الأبقار، تمتلك معدة معقدة من أربع حجرات (أهمها الكرش). تقوم الميكروبات المتعايشة في الكرش بتخمير السليلوز، ويقوم الحيوان باجتارار الطعام (إعادته للفم ومضغه مرة أخرى) لزيادة كفاءة الهضم.
- الهضم في الأعور (Cecal Digesters) حيوانات أخرى مثل الأرانب والخيول، لديها كيس متضخم يسمى الأعور عند اتصال الأمعاء الدقيقة بالعليفة، حيث تقوم الميكروبات بتخمير السليلوز. بعض هذه الحيوانات (مثل الأرانب) تمارس سلوك أكل الروث (Coprophagy) لتمرير الطعام مرة أخرى عبر القناة الهضمية وامتصاص نواتج التخمر.

## تنظيم عملية الهضم

تخضع عملية الهضم لتنظيم دقيق من الجهازين العصبي والهرموني.

- التنظيم العصبي: رؤية الطعام أو شمه أو تذوقه تحفز إفراز اللعاب والعصارات المعدية.
- التنظيم الهرموني:
  - جاسترين (Gastrin) يُفرز من المعدة ويحفز إفراز حمض الهيدروكلوريك.
  - سكرتين (Secretin) وكوليبيستوكاينين (CCK) يُفرزان من الاثنا عشر عند وصول الكيموس الحمضي والدهني، ويعملان على تثبيط نشاط المعدة وتحفيز إفرازات البنكرياس والمرارة.

الهرمونات المُتَحَكِّمة في القناة المعدية المعوية. يُحفِّزُ الجاسترين، المُفرز من الطبقة المُخاطية في المعدة إفراز حمض الهيدروكلوريك ومولد الببسين (الذي يتحوَّل إلى ببسين). يُفرز الاثنا عشر ثلاثة هرمونات: كوليبيستوكاينين؛ الذي يُحفِّز انقباض كيس الصفراء وإفراز الأنزيمات البنكرياسية، وسكريتين؛ الذي يُحفِّز إفراز البيكربونات من البنكرياس، والببتيد المُثبِّط المعدي؛ الذي يُثبِّط طرح مُحتويات المعدة إلى الاثنا عشر.



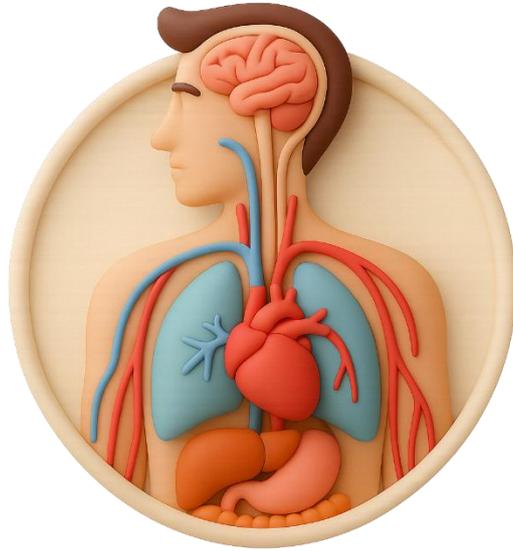
شكل 27: تنظيم إفراز العصارات الهضمية بواسطة الهرمونات في الجهاز الهضمي

## التغذية والطاقة

يوفر الطعام للجسم الطاقة اللازمة للأنشطة الحيوية (تُقاس بالكيلو سعر) والمواد الغذائية الأساسية التي لا يستطيع تصنيعها.

- توازن الطاقة: عندما يزيد مدخول الطاقة عن مصروفها، يتم تخزين الفائض على شكل دهون.
- تنظيم الشهية: يتحكم فيه مركز في تحت المهاد بالدماغ، ويتأثر بإشارات هرمونية متعددة مثل الجريلين (محفز للجوع) واللبتين والأنسولين (مثبطات للشهية).
- المواد الغذائية الأساسية تشمل الأحماض الأمينية الأساسية، الأحماض الدهنية، الفيتامينات، والمعادن

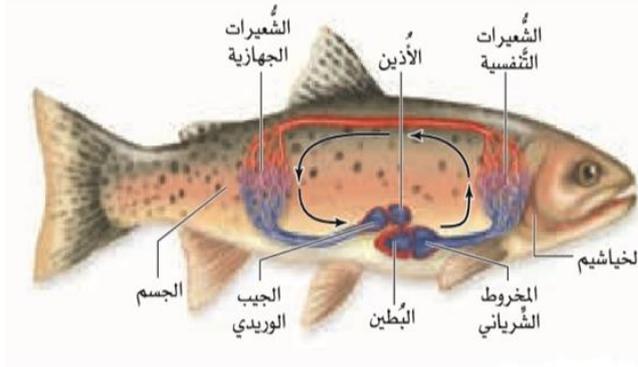
## الفصل الخامس الجهازين الدوري والتنفسي



## الجهاز الدوري: نظام النقل الداخلي

الجهاز الدوري هو شبكة النقل المسؤولة عن توزيع الأكسجين والمواد الغذائية والهرمونات، وإزالة الفضلات من خلايا الجسم. يتدرج تعقيده من الكائنات البسيطة إلى الفقاريات المعقدة في التركيب.

### ب. الدورة الدموية في الفقاريات

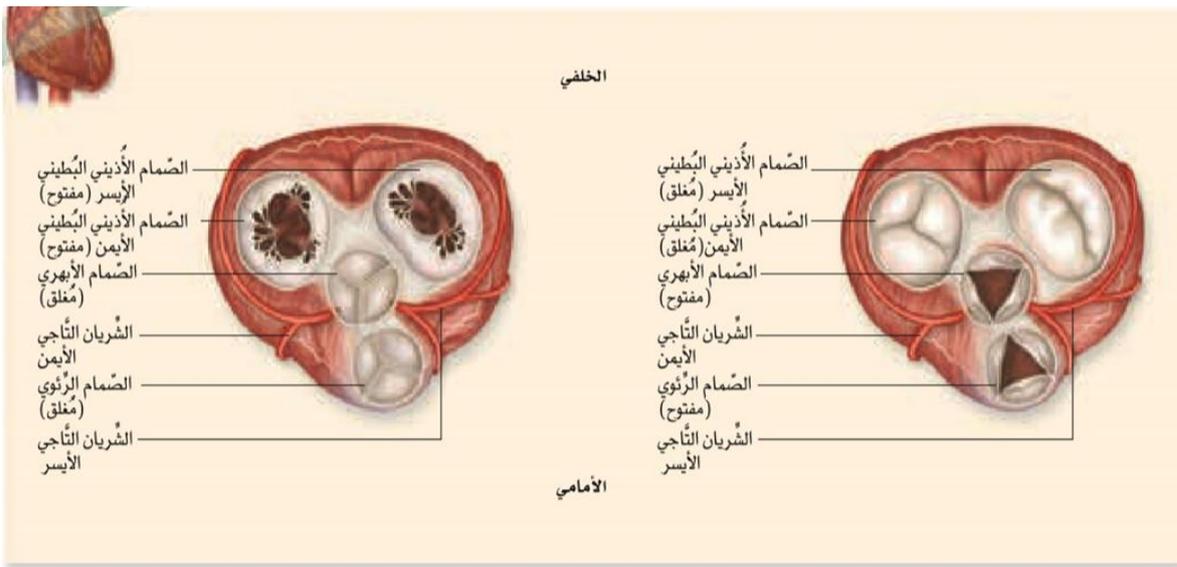


شكل 27: الدورة الدموية في الأسماك

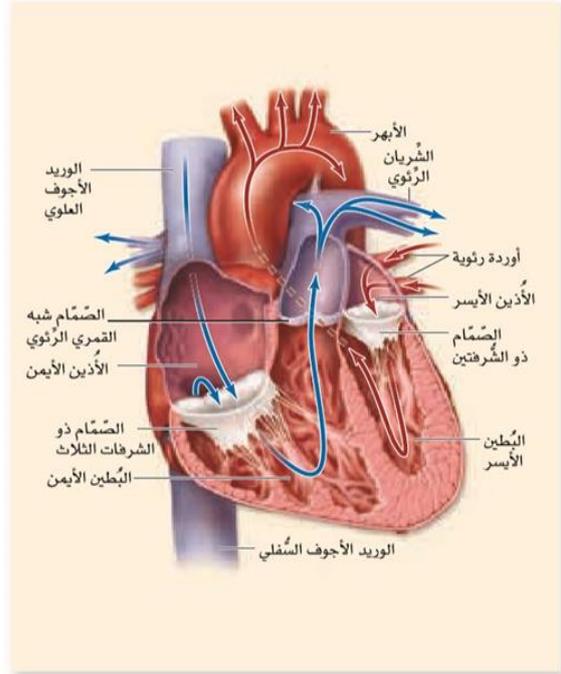
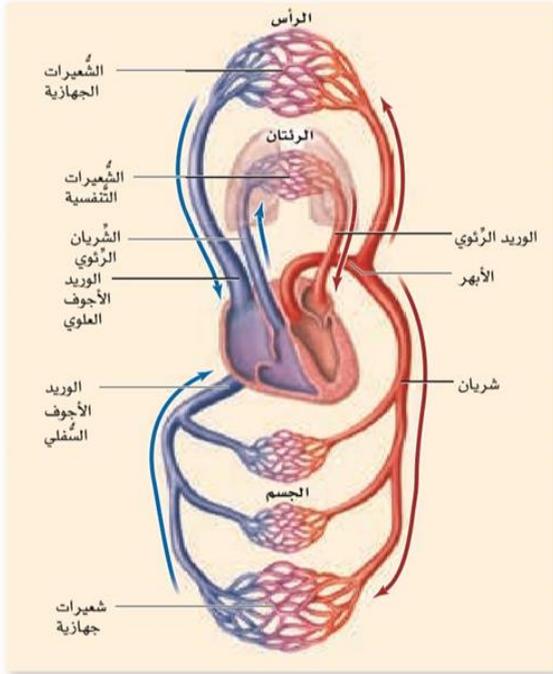
- الأسماك: تمتلك قلبًا بسيطًا من حجرتين (أذنين وبطين) ودورة دموية واحدة. يضخ القلب الدم إلى الخياشيم (حيث يتم تزويده بالأكسجين) ثم إلى باقي الجسم، قبل أن يعود إلى القلب. من عيوب هذا النظام انخفاض ضغط الدم بعد مروره بالخياشيم.

- البرمائيات والزواحف: تمتلك دورة دموية مزدوجة (رئوية وجهازية) وقلبًا من ثلاث حجرات (أذنين وبطين واحد). يسمح هذا بفصل جزئي للدم المؤكسج وغير المؤكسج، مما يوفر ضغطًا أعلى للدم الذاهب إلى الجسم.

الثدييات والطيور والتماسيح: تمتلك النظام الأكثر كفاءة، وهو قلب من أربع حجرات (أذنين وبطينان منفصلان). هذا الفصل التام يمنع اختلاط الدم المؤكسج وغير المؤكسج، ويدعم معدلات الأيض العالية اللازمة للحفاظ على حرارة الجسم.



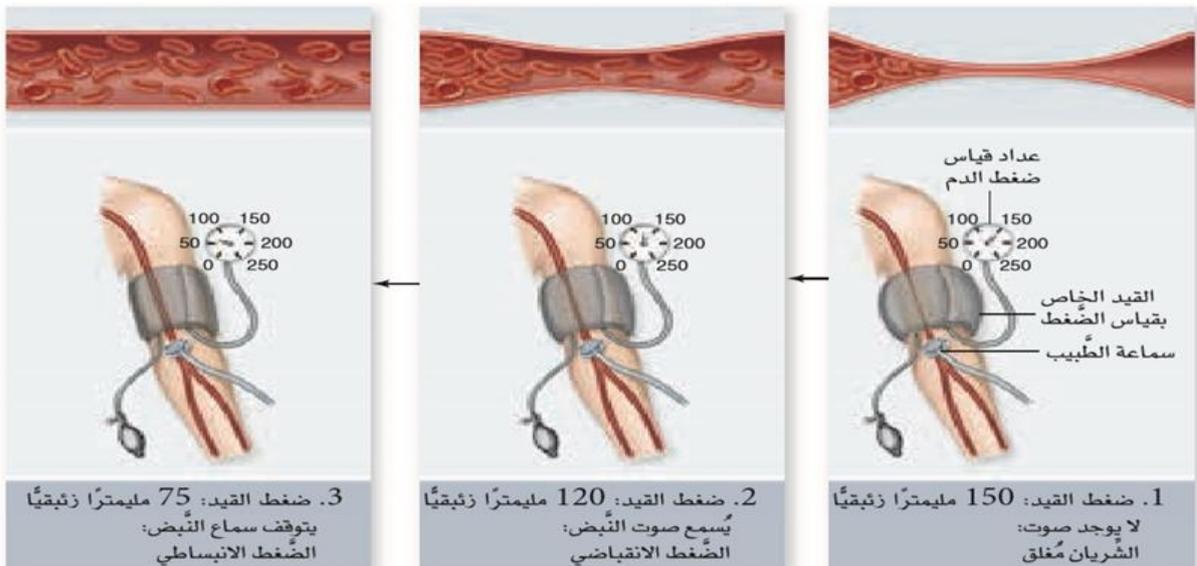
شكل 29: الصمامات القلبية في وضعي الفتح والإغلاق



شكل 30: مخطط الدورة الدموية في جسم الإنسان وآلية تدفق الدم في القلب

### ج. القلب والأوعية الدموية في الثدييات

- الدورة القلبية (Cardiac Cycle) هي تسلسل الانقباض (Systole) والانقبساط (Diastole) لحجرات القلب، والذي يشكل النبضة القلبية. أصوات القلب ("lub-dub") تنتج عن إغلاق صمامات القلب التي تضمن تدفق الدم في اتجاه واحد.

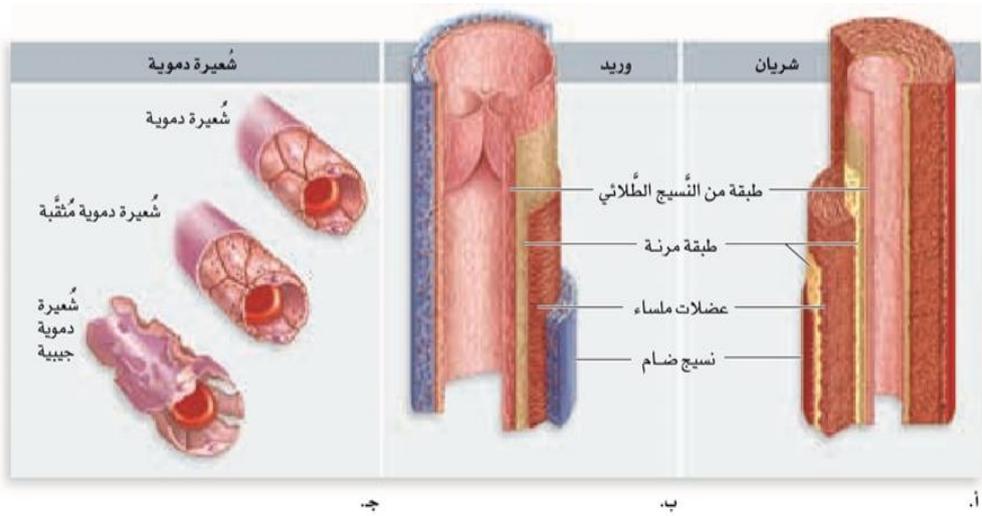


شكل 31: خطوات قياس ضغط الدم باستخدام جهاز قياس الضغط وسماعة الطبيب

## الأوعية الدموية:

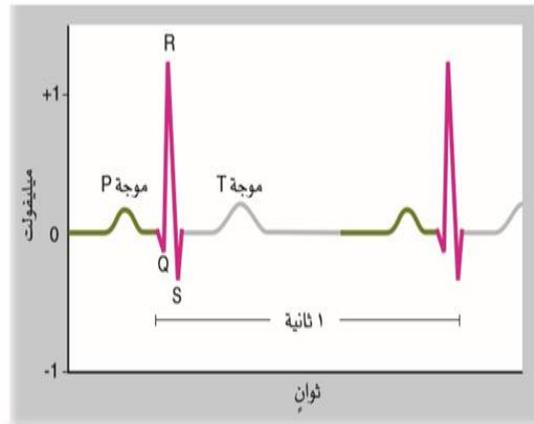
- الشرايين (Arteries) تنقل الدم من القلب، وتتميز بجدرانها السميكة والمرنة لتحمل الضغط العالي.
- الأوردة (Veins) تعيد الدم إلى القلب، وتحتوي على صمامات لمنع رجوع الدم.
- الشعيرات الدموية (Capillaries) شبكة واسعة من الأوعية الدقيقة ذات الجدار الرقيق، وهي الموقع الذي يتم فيه تبادل المواد بين الدم والأنسجة.

تركيب الأوعية الدموية. الشرايين (أ) والأوردة (ب) تمتلك طبقات نسيجية مُتشابهة، لكن في الشرايين أكثر سُمكًا. وهناك طبقتان مرنتان. (ج) الشعيرات الدموية تتكون من طبقة واحدة من النسيج الطلائي. (أبعاد القياس غير حقيقية).



شكل 32: تركيب الأوعية الدموية: الشرايين، الأوردة، والشعيرات الدموية

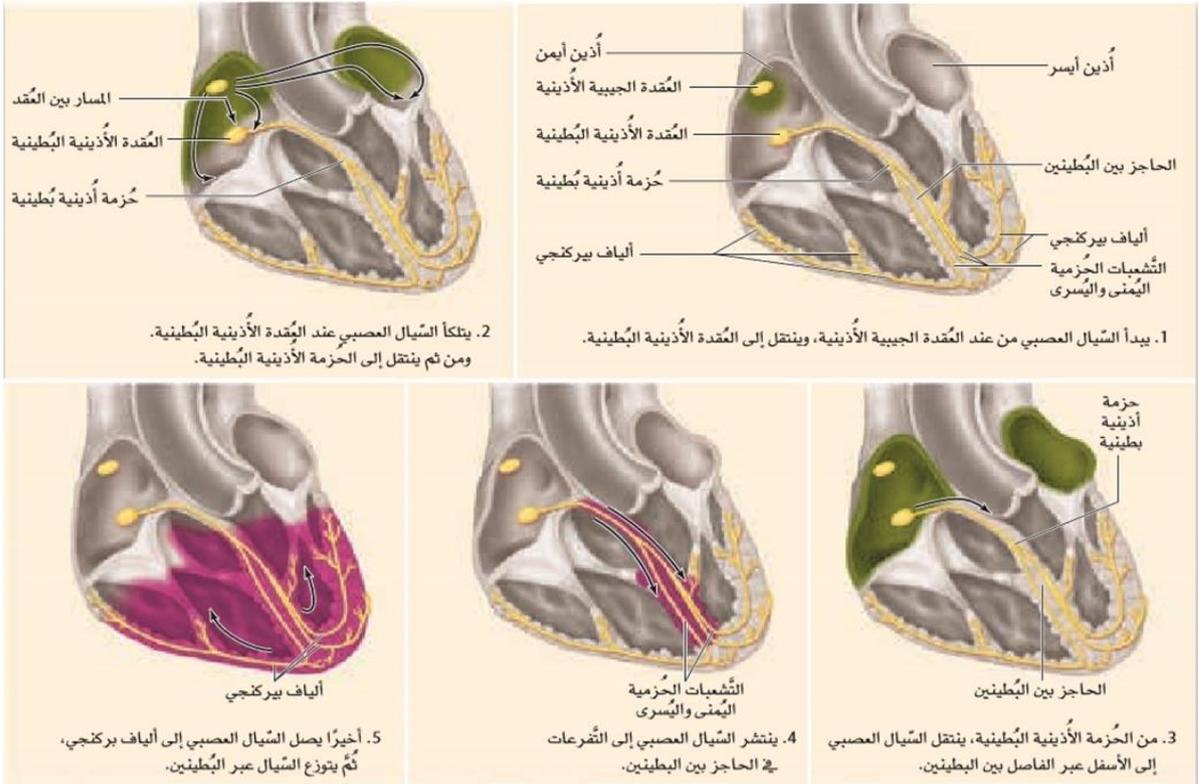
مسار التَهَيُّج الكهربائي في القلب. الأحداث التي تتم في أثناء انقباض القلب تتماشى مع قياسات النشاط الكهربائي في التخطيط الكهربائي للقلب (ECG). إزالة الاستقطاب/ انقباض الأذنين يظهران باللون الأخضر في الأعلى، ويقابلان الموجة P من مخطط القلب الكهربائي (وهي أيضًا باللون الأخضر). إزالة الاستقطاب/ انقباض البطينين يظهران باللون الأحمر، ويقابلان الموجة QRS من المخطط الكهربائي للقلب (باللون الأحمر أيضًا). الموجة T في المخطط الكهربائي للقلب تقابل إعادة استقطاب البطينين، تُغطى إعادة استقطاب الأذنين بالموجة QRS ومن ثم، فهي لا تظهر.



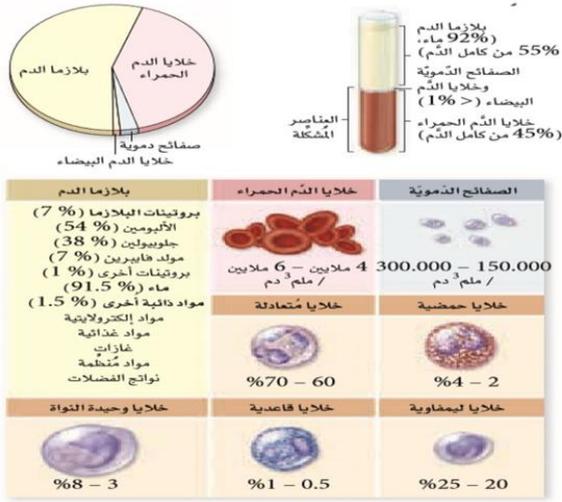
شكل 33: مخطط رسم القلب الكهربائي (ECG) يوضح موجات P-QRS-T

## تنظيم ضربات القلب وضغط الدم:

- ينشأ النبض ذاتياً من خلايا متخصصة في العقدة الجيبية الأذينية (SA node) التي تعمل كمنظم لضربات القلب الطبيعي.
- يتم تعديل سرعة وقوة النبض بواسطة الجهاز العصبي الذاتي.
- يتم الحفاظ على ضغط الدم عبر آلية تغذية راجعة سلبية تسمى منعكس مستقبلات الضغط (Baroreceptor reflex)، بالإضافة إلى هرمونات تنظم حجم الدم.

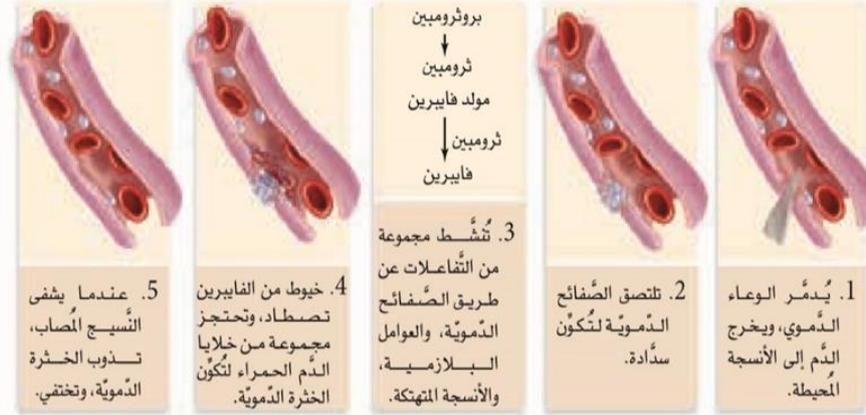


شكل 34: مسار انتقال السَّيَالِ العَصَبِيّ في القلب عبر العقْدِ والألياف العَصَبِيَّةِ



شكل 35: مكونات الدم

تجلط الدم. يتشكل الفايبرين من بروتين ذائب، يُسمى مولد الفايبرين. يُحفز هذا التفاعل عن طريق أنزيم الثرومبين، الذي يتشكل من أنزيم غير نشط يُدعى سابقاً ثرومبين. بعد تنشيط الثرومبين آخر خطوة في مجموعة التفاعلات الأنزيمية التي تنتج الجلطة الدموية، عندما يثقف أو يُجرح الوعاء الدموي.



شكل 36: مراحل تخثر الدم وتكوين الجلطة الدموية لإيقاف النزيف

الزائد والبروتينات من الأنسجة إلى الدورة الدموية، وتلعب دوراً حيوياً في المناعة.

## الجهاز التنفسي: نظام تبادل الغازات

يعمل الجهاز التنفسي بالتنسيق مع الجهاز الدوري لتزويد الجسم بالأكسجين والتخلص من ثاني أكسيد الكربون.

### أ. مبادئ تبادل الغازات

تتم عملية تبادل الغازات عن طريق الانتشار (Diffusion) عبر السطوح التنفسية الرطبة. ووفقاً لقانون فيك،

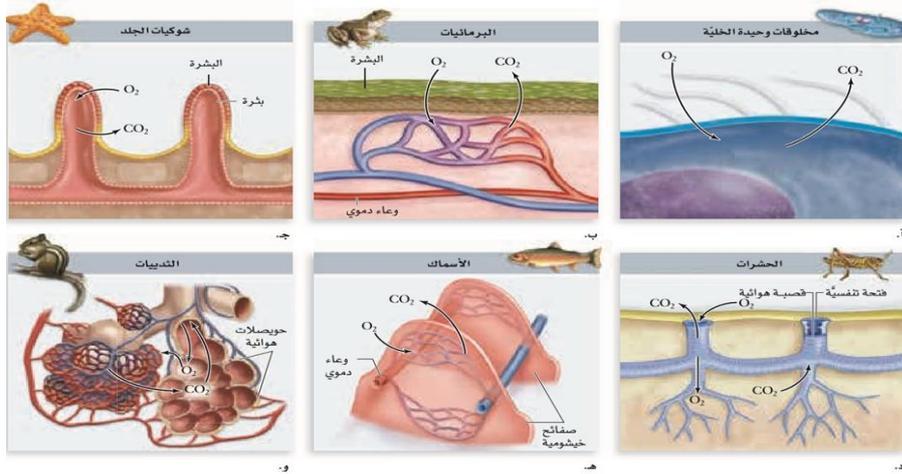
تزداد كفاءة الانتشار بـ:

1. زيادة مساحة السطح التنفسي.
2. تقليل مسافة الانتشار.

٣. زيادة فرق الضغط الجزئي للغازات عبر السطح.

### ب. تنوع الأعضاء التنفسية

- الخياشيم (Gills) تراكيب متخصصة للتنفس في الماء. تتميز خياشيم الأسماك بكفاءتها العالية جدًا بفضل آلية تدفق التيار المتعاكس (Countercurrent Flow)، حيث يسير الدم في اتجاه معاكس لاتجاه الماء، مما يزيد من استخلاص الأكسجين.
- نظام القصبات الهوائية (Tracheal System) شبكة من الأنابيب المتفرعة في الحشرات، توصل الهواء مباشرة إلى خلايا الجسم.
- الرئتين (Lungs) أكياس داخلية للتنفس في الهواء، وهي تكيف يقلل من فقدان الماء.



شكل 37: آليات تبادل الغازات في الكائنات الحية المختلفة

### ج. الجهاز التنفسي في الثدييات والطيور

- الثدييات: يتكون مسار الهواء من القصبة الهوائية التي تتفرع إلى شعبيات تنتهي بملايين الأكياس الهوائية الدقيقة المسماة الحويصلات الهوائية (Alveoli)، حيث يتم تبادل الغازات مع الدم. تتم عملية التنفس عبر آلية الضغط السالب التي يولدها انقباض الحجاب الحاجز والعضلات بين الضلعية.
- الطيور: تمتلك الجهاز التنفسي الأكثر كفاءة بين الفقاريات البرية، حيث يسمح نظام التدفق أحادي الاتجاه للهواء عبر الرئتين والأكياس الهوائية بعدم اختلاط الهواء النقي بالهواء القديم.

### د. نقل الغازات في الدم:

- يُعد الدم الوسيط الذي يربط بين الرئتين وأنسجة الجسم.
- نقل الأكسجين: يُنقل حوالي 98% من الأكسجين مرتبطًا ببروتين الهيموجلوبين الموجود داخل خلايا الدم الحمراء.

- نقل ثاني أكسيد الكربون: يُنقل بثلاث طرق: نسبة قليلة ذائبة في البلازما، ونسبة ترتبط بالهيموجلوبين، أما النسبة الأكبر (حوالي ٧٠٪) فتحول داخل خلايا الدم الحمراء إلى أيونات البيكربونات ( $\text{HCO}_3^-$ ) التي تنتقل في البلازما.

## التنفس القسري:

التنفس القسري هو نوع من أنواع التنفس يتم فيه استخدام العضلات الإرادية للمساعدة في إدخال أو إخراج الهواء من الرئتين، ويحدث عادة عندما يحتاج الجسم إلى كمية أكبر من الأكسجين أو للتخلص من ثاني أكسيد الكربون بسرعة، كما يحدث أثناء التمارين الشديدة أو في حالات مرضية معينة.

### أنواع التنفس القسري:

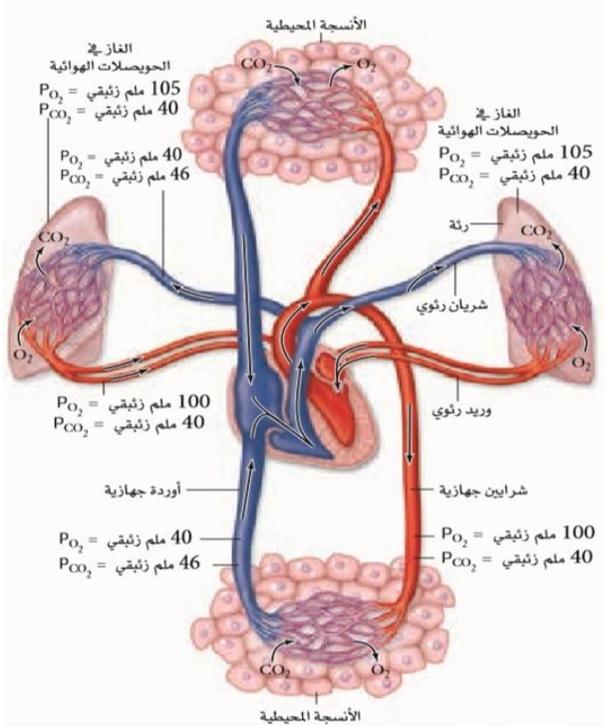
#### الشهيق القسري (Forced Inspiration):

يتم استخدام عضلات إضافية مثل عضلات الرقبة (العضلة القصية الترقوية الخشائية) وعضلات الظهر العلوية لزيادة توسع القفص الصدري.

يساعد على إدخال كمية أكبر من الهواء إلى الرئتين.

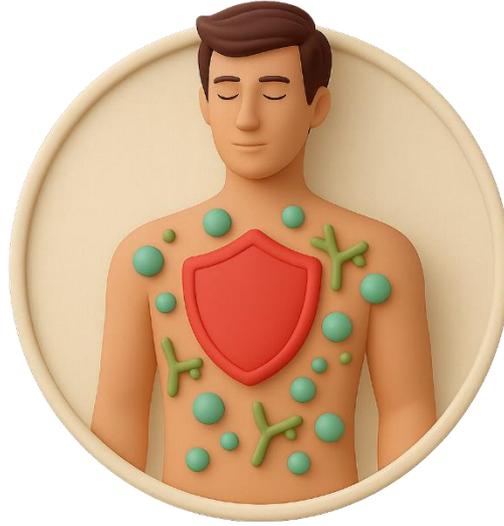
#### الزفير القسري (Forced Expiration):

يتم استخدام عضلات البطن والعضلات الوربية الداخلية لدفع الهواء خارج الرئتين بقوة. يحدث غالبًا عند السعال أو النفخ أو أثناء التمارين المكثفة.



شكل 38: تبادل الغازات بين الحويصلات الهوائية والأنسجة عبر الدورة الدموية

## الفصل السادس الجهاز المناعي



## نظرة عامة: خطوط الدفاع الثلاثة

تمتلك الفقاريات نظام دفاع متعدد المستويات لحماية الجسم من مسببات الأمراض (Pathogens). يمكن تقسيم هذا النظام إلى ثلاثة خطوط دفاع رئيسية:

1. خط الدفاع الأول (الحواجز الفيزيائية والكيميائية): يمثلها الجهاز الغطائي (الجلد والأغشية المخاطية) الذي يمنع دخول الميكروبات من الأساس.
2. خط الدفاع الثاني (المناعة الفطرية/اللانوعية): استجابة سريعة وعامة تبدأ عند اختراق خط الدفاع الأول، وتشمل خلايا وبروتينات متخصصة تهاجم أي جسم غريب.
3. خط الدفاع الثالث (المناعة التكيفية/النوعية): استجابة متخصصة ودقيقة تتعرف على مسبب مرض معين وتقضي عليه، وتتميز بتكوين "ذاكرة" مناعية طويلة الأمد.

## خط الدفاع الأول: الحواجز الفيزيائية والكيميائية

هذا الخط هو حاجز وقائي يمنع دخول الغزاة إلى الجسم.

- الجلد (Skin) أكبر أعضاء الجسم، يشكل حاجزًا ماديًا غير منفذ. كما أنه يفرز العرق والدهون التي تجعل سطحه حمضيًا (PH 3-5)، مما يثبط نمو العديد من الميكروبات. يحتوي العرق أيضًا على إنزيم الليسوزايم الذي يدمر جدران الخلايا البكتيرية.
- الأغشية المخاطية (Mucous Membranes) تبطن الممرات الهضمية والتنفسية والبولي-تناسلية. تفرز هذه الأغشية مخاطًا لزجًا يحاصر الميكروبات، والتي يتم التخلص منها بعد ذلك عبر آليات مختلفة:
  - الجهاز التنفسي: تدفع الأهداب المخاط إلى الأعلى ليتم ابتلاعه وهضمه في المعدة.
  - الجهاز الهضمي: يقضي حمض المعدة القوي على معظم الميكروبات التي تصل إليه.
  - الجهاز البولي-التناسلي: تساعد الإفرازات الحمضية وتدفق البول المستمر على منع نمو الميكروبات.

## خط الدفاع الثاني: المناعة الفطرية (اللانوعية)

عندما يتم اختراق خط الدفاع الأول، تبدأ استجابة فورية وغير متخصصة.

### أ. الخلايا المناعية الفطرية

- الخلايا المبتلعة الكبيرة (Macrophages) خلايا أكولة كبيرة تجوب الأنسجة وتبتلع وتهضم أي أجسام غريبة تصادفها، من بكتيريا وفيروسات إلى حطام الخلايا الميتة.

- الخلايا المتعادلة (Neutrophils) أكثر خلايا الدم البيضاء عدداً، وهي أول من يصل إلى موقع العدوى، وتقوم بابتلاع مسببات الأمراض بكفاءة عالية.
- الخلايا القاتلة الطبيعية (Natural Killer - NK Cells) لا تهاجم الميكروبات مباشرة، بل تتخصص في التعرف على خلايا الجسم المصابة بالفيروسات أو الخلايا السرطانية وقتلها عن طريق حثها على الموت المبرمج للخلية (Apoptosis)



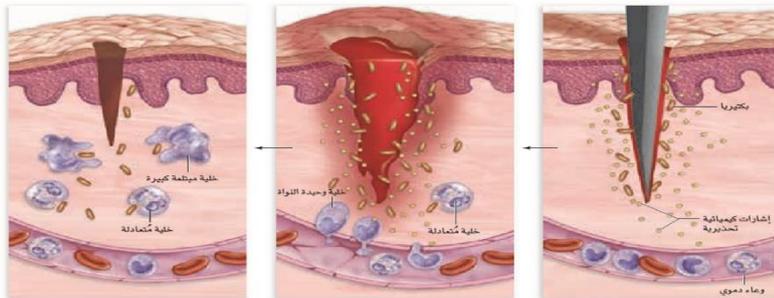
شكل 39: آلية عمل الخلايا القاتلة الطبيعية في الدفاع المناعي ضد الخلايا المستهدفة

## ب. الاستجابة الالتهابية (The Inflammatory Response)

هي استجابة موضعية للإصابة أو العدوى، وتتميز بأربعة أعراض رئيسية: الاحمرار، الحرارة، التورم، والألم تحدث نتيجة إفراز مواد كيميائية (مثل الهيستامين) من الخلايا المصابة، مما يسبب توسع الأوعية الدموية وزيادة نفاذيتها، وبالتالي تدفق خلايا المناعة إلى المنطقة المصابة.

## ج. الحمى (Fever)

هي استجابة جهازية (عامة) ترفع درجة حرارة الجسم. تُحفز الحمى بواسطة السيتوكينات (مثل الإنترلوكين-1) التي تفرزها الخلايا المبتلعة، وتساعد في تثبيط نمو الميكروبات وزيادة نشاط خلايا المناعة.



### د. البروتينات المضادة للميكروبات

- نظام البروتينات المُتممة (Complement System) مجموعة من حوالي ٣٠ بروتينًا في بلازما الدم، عند تنشيطها، يمكنها أن تحدث ثقبًا في أغشية الميكروبات (مما يؤدي إلى موتها) أو تقوم بـ "وسمها" لتسهيل ابتلاعها.
- الإنترفيرونات (Interferons) بروتينات تُفرزها الخلايا المصابة بالفيروسات، وتعمل كإشارة تحذير للخلايا المجاورة لتحفيز دفاعاتها ضد الفيروس ومنع تكاثره.

### خط الدفاع الثالث: المناعة التكيفية (النوعية)

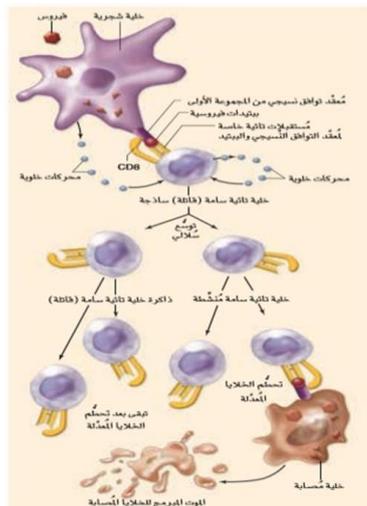
هي استجابة متطورة للغاية تتميز بأربع صفات رئيسية: النوعية، التنوع، الذاكرة، والقدرة على التمييز بين الذات والغريب.

### أ. أساسيات الاستجابة التكيفية

- مولد الضد (Antigen) أي جزيء (عادة بروتين) يمكنه إثارة استجابة مناعية نوعية.
- الخلايا اللمفاوية (Lymphocytes) هي الخلايا المحورية في هذه الاستجابة، وتنقسم إلى نوعين رئيسيين:
  - الخلايا البائية (B Cells) مسؤولة عن المناعة السائلة (Humoral Immunity)
  - الخلايا التائية (T Cells) مسؤولة عن المناعة الخلوية (Cell-Mediated Immunity)

### ب. المناعة الخلوية (دور الخلايا التائية)

تستهدف هذه المناعة خلايا الجسم المصابة.



شكل 41: آلية عمل الخلايا التائية السامة (CD8) في الاستجابة المناعية الخلوية

- معقد التوافق النسيجي (MHC) بروتينات على سطح خلايا الجسم تقوم بـ "عرض" قطع من البروتينات الداخلية (مولدات الضد) للخلايا التائية.
- الخلايا التائية المساعدة CD4 - Helper T Cells هي "قادة" الجهاز المناعي. يتم تنشيطها عندما تتعرف على مولد ضد معروض على خلية "مُشهرة" لمولد الضد (مثل خلية مبتلعة)، فتقوم بإفراز السيتوكينات التي تنظم وتنشط جميع خلايا المناعة الأخرى.
- الخلايا التائية السامة CD8 - Cytotoxic T Cells هي



## تطبيقات وخلل في الجهاز المناعي:

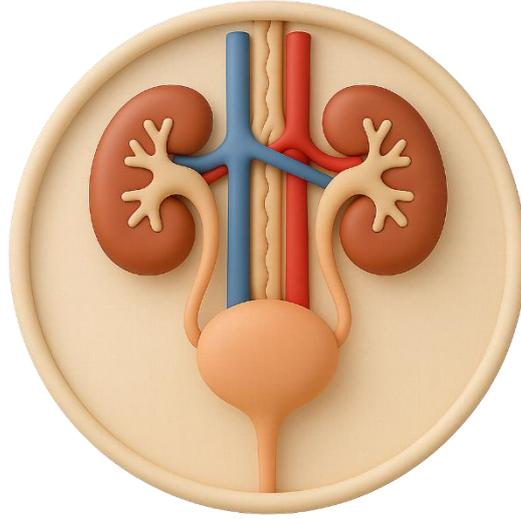
### أ. زمر الدم ورفض الأعضاء

- زمر الدم **ABO** و **Rh** هي أمثلة على مولدات الضد الموجودة على سطح خلايا الدم الحمراء. عدم تطابقها أثناء نقل الدم يثير استجابة مناعية قوية.
- رفض الأعضاء المنقولة: يحدث عندما يتعرف جهاز المناعة للمتلقي على بروتينات MHC الموجودة على العضو المزروع كـ "غريبة" ويهاجمها.

### ب. تهرب مسببات المرض

- طورت العديد من الميكروبات استراتيجيات للهروب من جهاز المناعة، مثل:
- التغير المستضدي (Antigenic Variation) يقوم فيروس الإنفلونزا بتغيير بروتيناته السطحية باستمرار، مما يتطلب لقاحات سنوية جديدة.
  - مهاجمة جهاز المناعة مباشرة: يقوم فيروس نقص المناعة البشرية (HIV) بمهاجمة وتدمير الخلايا التائية المساعدة (CD4) مما يؤدي إلى انهيار الجهاز المناعي والإصابة بمتلازمة نقص المناعة المكتسبة (الإيدز).

## الفصل السابع الجهاز الإخراجي



## الفضلات النيتروجينية: نواتج أيض البروتينات والأحماض

عندما تقوم الحيوانات بتحطيم الأحماض الأمينية والأحماض النووية، تنتج فضلات تحتوي على النيتروجين يجب التخلص منها. يتخذ التخلص من هذه الفضلات ثلاثة أشكال رئيسية، ويعتمد اختيار الشكل على بيئة الحيوان وحاجته للحفاظ على الماء.

## أشكال الفضلات النيتروجينية

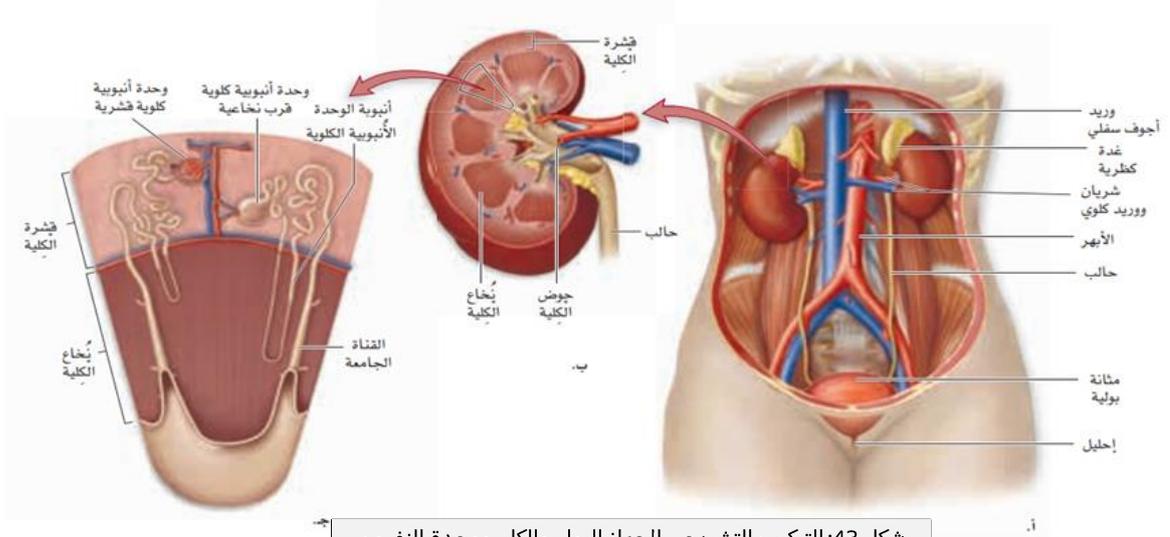
1. الأمونيا ( $\text{NH}_3$  - Ammonia) هي الناتج الأولي، وهي مادة شديدة السمية تتطلب كميات كبيرة من الماء للتخلص منها بأمان. لذلك، هي الشكل المفضل لدى معظم الأسماك العظمية والحيوانات المائية التي يمكنها طرحها مباشرة في الماء عبر الخياشيم.
2. البولينا (Urea) مركب أقل سمية بكثير من الأمونيا وذائب في الماء. يتم تصنيعه في الكبد من الأمونيا، ويتطلب طاقة لإنتاجه، ولكنه يسمح بالتخلص من النيتروجين مع فقدان كمية أقل من الماء. هذا هو الشكل الرئيسي للفضلات في الثدييات والبرمائيات البالغة.
3. حمض اليوريك (Uric Acid) مركب قليل السمية جدًا وله ذائبية منخفضة في الماء، مما يسمح بإخراجه على شكل معجون شبه صلب مع فقدان قليل جدًا للماء. يتطلب إنتاجه أكبر قدر من الطاقة، ولكنه يمثل تكيفًا ممتازًا للحفاظ على الماء، وهو ضروري للحيوانات التي تعيش في بيئات جافة أو التي تضع بيضًا ذا قشرة صلبة، مثل الطيور والزواحف والحشرات.

## الجهاز البولي في الثدييات: الكلية

الكلية هي العضو الرئيسي المسؤول عن تنقية الدم من الفضلات، وتنظيم توازن الماء والأملاح في الجسم.

### أ. التركيب العام والوظائف الأساسية

يتدفق الدم إلى الكليتين عبر الشريان الكلوي، ويتم ترشيحه لإنتاج البول الذي ينتقل عبر الحالب إلى المثانة ليتم



شكل 43: التركيب التشريحي للجهاز البولي والكلية ووحدة النفران

تخزينه مؤقتًا، ثم يخرج من الجسم عبر الإحليل. داخليًا، تتكون الكلية من قشرة خارجية ونخاع داخلي.

تقوم الكلية بثلاث عمليات أساسية:

1. الترشيح (Filtration) يتم دفع سائل الدم (البلازما) بقوة من الشعيرات الدموية إلى داخل الوحدة الكلوية، تاركًا خلايا الدم والبروتينات الكبيرة خلفه.
2. إعادة الامتصاص (Reabsorption) يتم استعادة المواد الحيوية (مثل الماء، الجلوكوز، والأملاح) من السائل المرشح وإعادةها إلى الدم.
3. الإفراز (Secretion) يتم نقل الفضلات الإضافية والمواد السامة والأيونات الزائدة بشكل نشط من الدم إلى السائل المرشح ليتم التخلص منها.

### ب. النيفرون: الوحدة الوظيفية للكلية

تحتوي كل كلية على حوالي مليون وحدة ترشيح مجهرية تسمى النيفرون (Nephron)، وهو المسؤول عن تكوين البول عبر سلسلة من الخطوات المتخصصة.

### أجزاء النيفرون الرئيسية:

- الكبة (Glomerulus) شبكة من الشعيرات الدموية يتم فيها الترشيح.

● محفظة بومان (Bowman's Capsule) تحيط بالكبة وتجمع السائل المرشح.

● الأنبيبات الملتوية القريبة: يتم فيها إعادة

امتصاص معظم الماء والمغذيات.

● التواء هنلي (Loop of Henle) تركيب على

شكل حرف U يلعب الدور الحاسم في تركيز

البول.

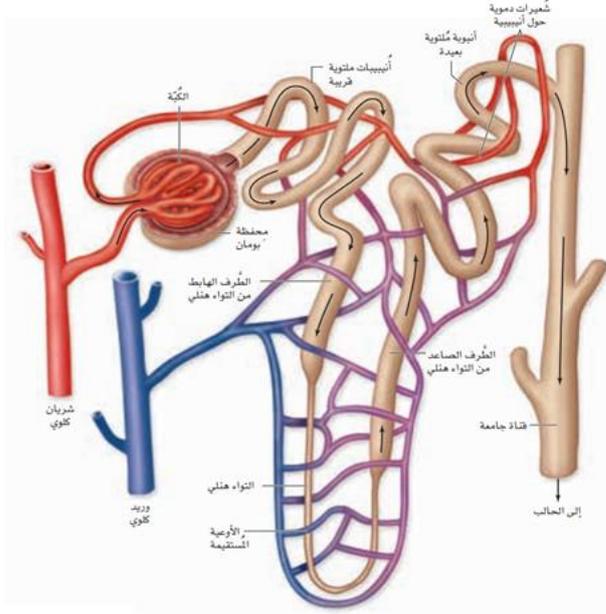
● الأنبيبات الملتوية البعيدة: يتم فيها الضبط

الدقيق لكمية الأملاح والماء.

● القناة الجامعة (Collecting Duct) تجمع

البول من عدة نيفرونات وتنقله إلى حوض

الكلية.



شكل 44: التركيب الدقيق للنفرون ومسار الدم والبول داخل الكلي

### ج. آلية تكوين البول وتركيزه (نظام التيار المتعكس المضاعف)

تعتمد قدرة الثدييات على إنتاج بول مركز (أكثر تركيزًا من الدم) على تركيب ووظيفة التواء هنلي والقناة الجامعة، وهي آلية تُعرف بـ نظام التيار المتعكس المضاعف.

١. الطرف الصاعد لالتواء هنلي: يقوم بضخ الأملاح (NaCl) بشكل نشط إلى النسيج المحيط في نخاع الكلية،

لكنه غير منفذ للماء. هذه العملية تجعل منطقة النخاع شديدة الملوحة.

٢. الطرف الهابط لالتواء هنلي: هو منفذ للماء وغير منفذ للأملاح. أثناء مرور السائل المرشح فيه، يخرج

الماء منه بالخاصية الأسموزية إلى منطقة النخاع المالحة، مما يجعل السائل المرشح داخله يزداد

تركيزًا.

٣. القناة الجامعة: تمر أيضًا عبر منطقة النخاع عالية التركيز. تحت تأثير الهرمون المانع لإدرار البول

(ADH)، تصبح جدرانها منفذة للماء، فيخرج الماء منها بالخاصية الأسموزية ويعود إلى الدم، مما ينتج

عنه بول قليل الحجم وعالي التركيز.

## تدريبات

على الرغم من تباين الأنسجة الضامة في التركيب والموقع، فإنها تتشاطر في مغزى موحد هو ربطها بين أنواع الأنسجة الأخرى وعلى الرغم من الآتية جميعها تنطبق عليها هذه الخاصية فإن واحد من الأنسجة ليس نسيجاً ضاماً هو:	١
الدم	A
العضلات	B
النسيج الدهني	C
الغضروف	D
تشارك أعضاء الجسم في أن جميعها:	٢
يحتوي أنواع الخلايا نفسها	A
مكون من أنواع عدة من الخلايا	B
مشتق من الإكتوديرم	C
يمكن اعتباره جزءاً من الجهاز الدوري	D
تقوم الأنسجة الطلائية بكل ما يأتي باستثناء:	٣
تشكيل الحواجز أو الحدود	A
امتصاص المواد الغذائية في الجهاز الهضم	B
نقل المعلومات في الجهاز العصبي المركزي	C
السماح بتبادل الغازات في الرئة	D
تتشكل الغدد الصماء والغدد خارجية الإفراز من النسيج	٤
الطلائي	A
الضام	B
العصبي	C
العضلي	D
يختلف الهيكل الخارجي والداخلي فيما يأتي:	٥
الهيكل الخارجي صلب، أما الداخلي فهو مرن.	A
الهيكل الداخلية موجودة فقط عند الفقريات.	B
تتكون الهياكل الخارجية من الكالسيوم، أما الهياكل الداخلية فمبنية من الكايتين.	C
الهيكل الخارجية تقع خارج أنسجة طرية، في حين أن الهياكل الداخلية تقع داخل الجسم.	D
تستخدم الديدان واللافقريات البحرية هيكل هيدروستاتيكا للحركة، حيث:	٦
تمتلئ عظامها بالماء الذي يعطي الهيكل وزنه.	A

B	ينتج التغيير في تركيب الجسم عن انقباض العضلات التي تضغط على سوائل الجسم.
C	تحتوي العضلات فجوات مائية تعطي تركيباً داخلياً قاسياً عندما تمتلئ بالماء.
D	يشير المصطلح هيدروستاتيكي إلى الوسط الرطب. وتنتج الحركة بطريقة تشبه مفصليات الأرجل.
V	لديك صورة أشعة X لشخصين. ربيع، حامل أثقال وكمال أجسام مدة ٣٠ عاماً أما بشير فعاش معظم حياته جالساً. تتوقع الفرق بين صورتَي X لـ كليهما
A	لا فرق، يمتلك الاثنان عظاماً أسمك من الأشخاص الأصغر سناً بسبب النمو الطبيعي مع الزمن.
B	لا فرق، فطريقة المعيشة لا تؤثر في كثافة العظم.
C	ربيع، سيكون لديه عظام أسمك بسبب إعادة التشكيل الناتجة عن الضغط الفيزيائي.
D	عظام بشير أكثر سماكة؛ لأن العظم يتراكم مثل الدهن بسبب بقائه جالساً
٨	الجملة التي تمثل أفضل وصف لميكانيكية الخيوط المنزقة في انقباض العضلة هي:
A	لا تقصر خيوط الأكتين والميوسين، ولكنها تنزلق خلف بعضها.
B	تقصر خيوط الأكتين والميوسين، وتنزلق خلف بعضها.
C	عندما تنزلق الخيوط خلف بعضها، تقصر خيوط الأكتين دون خيوط الميوسين.
D	عندما تنزلق الخيوط خلف بعضها، تقصر خيوط الميوسين دون خيوط الأكتين.
٩	النظام العصبي البسيط :
A	يجب أن تشمل الحواس الكيميائية ، والميكانيكية ، والرؤية
B	تتدفق المعلومات فقط نحو مركز دمج
C	تتدفق المعلومات فيه بعيداً عن مركز دمج
D	يتضمن معلومات حسية ، مركز دمج ، استجابته
١٠	معظم الخلايا العصبية في الدماغ البشري:
A	الخلايا العصبية الحسية
B	الخلايا العصبية الحركية
C	الخلايا العصبية البينية
D	الخلايا العصبية الطرفية
١١	يمكن أن يمتد هذا النوع من الخلايا العصبية إلى أكثر من متر واحد :
A	الخلية الدبقية في الدماغ
B	الخلايا العصبية الحسية
C	الخلايا العصبية البينية
D	الخلايا العصبية التي تتحكم في حركات العين

١٢	في منطقة التشابك العصبي ، يتم إطلاق المواد الكيميائية ( الناقل العصبي ) من قبل :		
A	غشاء الزوائد الشجيرية		
B	الغشاء قبل التشابكي		
C	المحور		
D	قنوات على الشبكة الإندوبلازمية الملساء		
١٣	في أي جزء من الجهاز الهضمي يتم إعادة امتصاص معظم الماء؟		
A	الكلى		
B	المعدة		
C	الأمعاء الدقيقة		
D	الأمعاء الغليظة		
١٤	لماذا يتم هضم معظم المواد الغذائية؟		
A	تتطلب الأنزيمات الهضمية مجموعة متنوعة من المواد الأساسية.		
B	يضمن أن النظام الغذائي متوازن.		
C	معظم جزيئات الطعام المهضومة كبيرة.		
D	الوقاية من اضطرابات الأمعاء.		
١٥	في الجهاز الهضمي، يحتوي الإنزيم A على الرقم الهيدروجيني الأمثل عند ١,٥ والآنزيم B على الرقم الهيدروجيني الأمثل ٧. ما هي الوحدات الأساسية المحتملة لهذه الإنزيمات؟		
الآنزيم	A	B	
A	البروتينات	الأحماض الأمينية	
B	الدهون	البروتينات	
C	الكربوهيدرات	الدهون	
D	البروتينات	الدهون	
١٦	أي من الأجزاء التالية من الجهاز الهضمي تفرز انزيم البروتين؟		
	المعدة	الأمعاء الدقيقة	الأمعاء الغليظة
A	نعم	نعم	لا
B	نعم	لا	نعم
C	نعم	لا	لا
D	لا	لا	لا
١٧	أي مما يلي سيكون ميزة للتنفس في الهواء على التنفس في الماء؟		

<p>١. نظرًا لأن الهواء أقل كثافة من الماء، فهناك حاجة إلى طاقة أقل لتحريك الهواء على أسطح الجهاز التنفسي. ٢. الأكسجين ينتشر في الهواء أسرع من الماء. ٣. محتوى الأكسجين في الهواء أكبر من كمية متساوية من الماء.</p>	<p>Only I and II Only I and III Only II and III I, II and III</p>	<p>A B C D</p>
<p>١٨ أي من الحالات التالية تحدث إذا فقدت الرئة الحويصلات الهوائية مرونتها؟ ١. انخفاض حجم المتبقي. ٢. يجب أن يزيد <math>pO_2</math> في الهواء المستنشق من أجل الحفاظ على تشبع الهيموجلوبين في نفس المستوى. ٣. يزيد الرقم الهيدروجيني في الدم.</p>	<p>Only I Only II Only III I and II I and III II and III</p>	<p>A B C D E F</p>
<p>١٩ أي من العبارات التالية صحيحة فيما يتعلق بأعضاء تبادل الغازات في الحيوانات؟ في نجم البحر، تلعب الخياشيم دورًا في تبادل الغازات، لكن أقدام الأنبوب لا تلعب دورًا في هذه العملية. في الجنادب، تتحكم العضلات المتطورة المحيطة بحركة القصبة الهوائية في الهواء الداخل والخارج من خلال فتحة خارجية. في الأسماك، يتدفق الدم عبر الشعيرات الشعاعية الخيطية في نفس اتجاه تدفق المياه من الفم والبلعوم إلى الخارج. في الطيور، أثناء الزفير، تنفصل الأكياس الهوائية، مما يدفع الهواء إلى الخارج، بينما تمتلئ الرئة بالهواء. في الإنسان، هناك حاجة إلى المؤثر السطحي لزيادة التوتر السطحي في كمية ضئيلة من سائل طلاء سطح القصبة الداخلية؛ في غياب المؤثر السطحي، تغلق الحويصلات الهوائية أثناء الزفير، مما يعيق دخول الهواء أثناء الاستنشاق.</p>	<p>في أي من التراكيب التالية يكون ضغط الدم المتوسط هو الأقل؟ الشريان الأبهر الشرايين</p>	<p>A B</p>

C	الشريينات (الشرايين الصغيرة)
D	الشعيرات الدموية
E	الأوردة الأجوف (الوريد الأجوف العلوي والسفلي)
٢١	الاستجابة الالتهابية الجهازية التي غالبا ما تهدد الحياة
A	حمى خفيفة
B	آلام وألم مملة
C	الصدمة الإنتانية
D	ضغط دم مرتفع
٢٢	كل من العيون والجهاز التنفسي محميان ضد الالتهابات التي تصيبهما
A	الأغشية المخاطية التي تغطي سطحها
B	إفراز البروتينات التكميلية
C	الإفراج عن الإفرازات القلوية قليلا
D	إفراز الليزوزيم على أسطحها
٢٣	علاج مضادات الهيستامين يقلل
A	تمدد الأوعية الدموية
B	البلعمة من المستضدات
C	عرض MHC بواسطة البلاعم
D	الاستجابة المناعية الثانوية
٢٤	الخلايا وجزيئات الإشارة التي تبدأ الاستجابات الالتهابية
A	الخلايا البالعة والليزوزيمات
B	الخلايا البالعة والكيماويات
C	الخلايا الجذعية والإنترفيرون
D	الخلايا البدينة والهيستامين
٢٥	العدوى البكتيرية في قطة منزل غير مصابة من قبل ستنشط بسرعة أكبر
A	المستقبلات الشبيهة بالحصيلة التي ترتبط بالسكريات الدهنية
B	خلايا الذاكرة لإنتاج الأجسام المضادة
C	خلايا البلازما لإنتاج المستضدات
D	الاستجابات المناعية الخلطية
٢٦	جزء أساسي من الاستجابة المناعية الخلطية هو

هجوم الخلايا التائية السامة للخلايا على الخلايا المضيفة المصابة	A
إنتاج الأجسام المضادة بواسطة خلايا البلازما	B
انثقاب الخلايا المضيفة المصابة بواسطة الثقب	C
هجوم البلعمة على مسببات الأمراض الحية	D
من أهم وظائف جهاز الإخراج التخلص من النيتروجين الزائد عن عمليات الأيض. أحد هذه المخلوقات الحية أكثر فعالية في تغليف أو معالجة النيتروجين لطرحه إلى الخارج	٢٧
الضفدع	A
أسماك المياه العذبة	B
الإيجوانا	C
الجمل	D
يعد دم أسماك القرش متعادلاً أسموزياً مع مياه البحر بسبب إعادة امتصاص ..... إلى دمها	٢٨
الأمونيا	A
حمض البولييك	B
البوليننا	C
كلوريد الصوديوم	D
من وظائف الكلية	٢٩
إزالة المواد الضارة من الجسم	A
إعادة امتصاص الماء لاستخدامه من جديد	B
تنظيم مستوى الأملاح في الدم	C
كل ما ذكر	D
إذا أصابك التهاب ( عدوى) وكان ذا تأثير في عملية إعادة امتصاص الأيونات من الراشح، فإن هذه الإصابة ستسبب إصابة خلايا تقع في	٣٠
محفظة بومان	A
الأنبيبيات الكلوية	B
الكبة	C
القناة الجامعة	D

### مفاتيح إجابة الاختبار

B	18	B	1
D	19	B	2
E	20	C	3
C	21	A	4
D	22	D	5
A	23	B	6
D	24	C	7
A	25	A	8
B	26	D	9
D	27	C	10
C	28	B	11
D	29	B	12
B	30	C	13
		C	14
		D	15
		C	16
		A	17

## الاختبار التجريبي

1- A person is sick from the COVID-19 virus. What kind of immunity does this person gain due to the infection and then retain after recovery?

١- شخص مصاب بفيروس COVID-19. ما نوع المناعة التي يكتسبها هذا الشخص بسبب الإصابة بالعدوى ويحتفظ بها بعد الشفاء؟

- A. Active immunity, innate immunity
- B. Active immunity, acquired immunity
- C. Passive immunity, innate immunity
- D. Passive immunity, acquired immunity

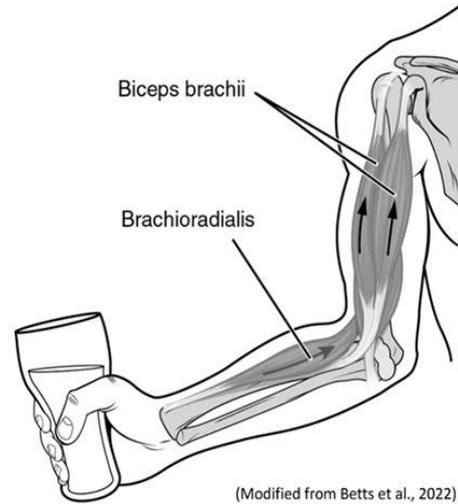
- أ. مناعة نشطة، مناعة فطرية
- ب. مناعة نشطة، مناعة مكتسبة
- ج. مناعة سلبية، مناعة فطرية
- د. مناعة سلبية، مناعة مكتسبة

2- The figure below shows the biceps brachii, which is a muscle that flexes the lower arm. The arrows indicate the tension force acting on the lower arm bone.

يوضح الشكل أدناه العضلة ذات الرأسين العضدية، وهي عضلة تعمل على ثني الساعد. تشير الأسهم إلى قوة الشد المؤثرة على عظم الساعد.

Consider the following statements:

- I. Biceps brachii can be voluntarily controlled.
- II. The muscle cell of the biceps brachii must have a striated appearance with multiple nuclei.
- III. The neurotransmitter released by the motor neurons involved in contraction of biceps brachii is glutamate.



(Modified from Betts et al., 2022)

بالنظر إلى العبارات التالية:

١. يمكن التحكم في العضلة ذات الرأسين العضدية بشكل إرادي.
٢. يجب أن تكون خلية العضلة ذات الرأسين ذات مظهر مخطط مع أنوي عديدة.
٣. الناقل العصبي الذي تفرزه الخلايا العصبية الحركية المسؤولة عن تقلص العضلة ذات الرأسين هو الجلوتامات.

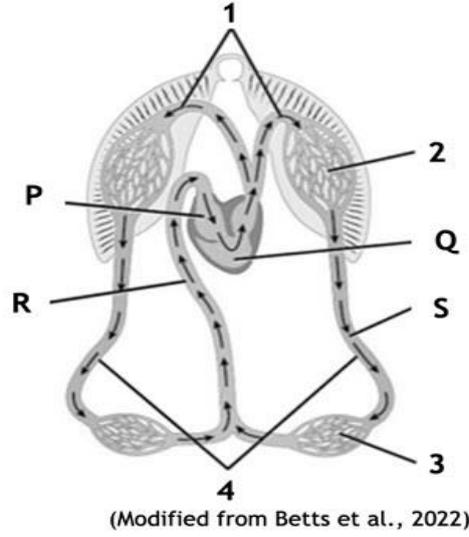
Which statement(s) (I–III) is/are correct?

أي العبارات (١-٣) صحيحة؟

- A. I only
- B. II only
- C. I and II
- D. I and III

3- The diagram shows blood circulation in a fish. (1: gill circulation, 2: gill capillaries, 3: body capillaries, 4: systemic circulation)

٣- يوضح الرسم البياني الدورة الدموية في الأسماك. (١: الدورة الدموية الخيشومية، ٢: الشعيرات الدموية الخيشومية، ٣: الشعيرات الدموية الجسدية، ٤: الدورة الدموية الجهازية)



Which of the following statements are correct?

أي من العبارات التالية صحيحة؟

I. P is a ventricle of the heart.

P هو أحد بطينات القلب.

II. Blood in Q is oxygenated.

الدم في Q مؤكسج.

III. R is a vein.

R هو وريد.

IV. Blood pressure in S is higher than in R.

ضغط الدم في S أعلى منه في R.

A. I and II

B. I and IV

C. II and III

D. III and IV

### مفاتيح إجابة الاختبار

الإجابة	السؤال
B	1
C	2
D	3

# الباب الثاني

## علم النبات



## مقدمة في علم البيئة

يُعد علم النبات أحد الفروع الرئيسية للعلوم الحيوية، ويختص بدراسة النباتات من حيث تركيبها ووظائفها وجيناتها وبيئتها وتطورها. وتشكل النباتات المنتج الأساسي في معظم الأنظمة البيئية البرية والبحرية، إذ تقوم بتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية عبر عملية البناء الضوئي. وتوفر هذه العملية المواد العضوية والأكسجين الضروريين لاستمرار معظم أشكال الحياة على الأرض.

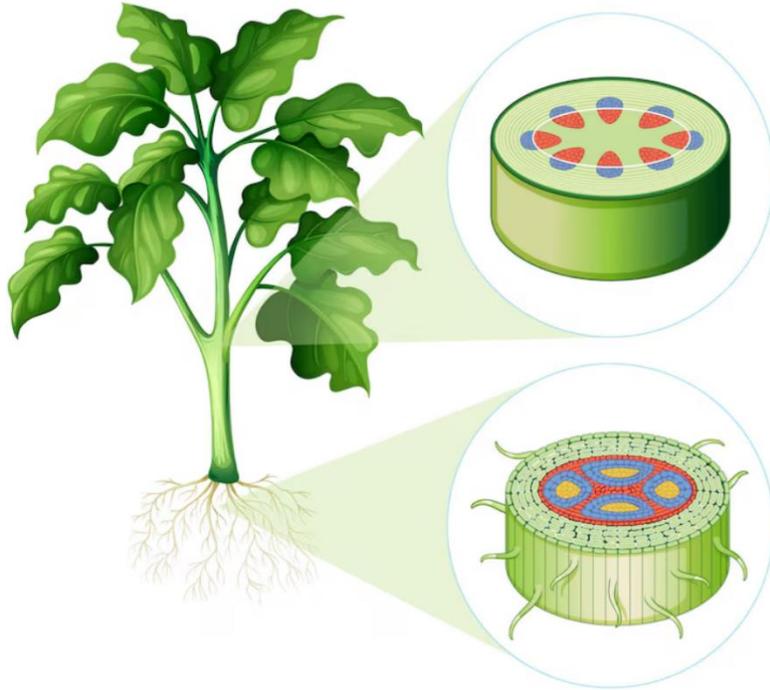
لا يقتصر علم النبات الحديث على الوصف أو التصنيف الشكلي للنباتات، بل يدمج مجالات البيولوجيا الجزيئية والكيمياء الحيوية والجينومات والبيئة لفهم الآليات التي تنظم النمو والتطور والتكيف. فعلى المستوى الخلوي، يدرس علماء النبات عمليات مثل تصنيع الجدار الخلوي، وإشارات الهرمونات النباتية، والمسارات الأيضية المرتبطة بالنمو والاستجابة للضغوط البيئية. وعلى نطاق أوسع، يبحث علم النبات في تنوع النباتات، والعلاقات التطورية فيما بينها، والتفاعلات البيئية التي تحدد توارث الأنواع ونجاحها. وتزداد أهمية هذه الدراسات في ظل تغيّر المناخ السريع وفقدان المواطن الطبيعية وارتفاع الطلب العالمي على الغذاء.

## الأهداف

1. فهم التنظيم الهرمي للنباتات و البنية والوظيفة على مستوى الأعضاء والأنسجة والخلايا.
2. تحديد أنواع الخلايا المرستيمية المختلفة وشرح دور كل منها في النمو الأولي والنمو الثانوي.
3. وصف آليات ونتائج النمو الأولي مع التركيز على كيفية زيادة طول الجذور والسيقان.
4. تحليل عملية النمو الثانوي ودورها في زيادة سمك السيقان والجذور في النباتات الخشبية.
5. تفسير كيفية تفاعل النمو والتشكل والتمايز الخلوي لتكوين الجسم النباتي الكامل.
6. ربط نشاط الخلايا المرستيمية بالهيكل العام للنبات وأنماط تطوره.
7. مقارنة الأنسجة الأولية بالأنسجة الثانوية و كيفية مساهمتها في دعم بنية النبات ووظائفه.

## الفصل الأول

### تركيب النباتات الوعائية، نموها وتكوينها



## تمتلك النباتات تنظيمًا هرميًا يتكون من أعضاء وأنسجة وخلايا:

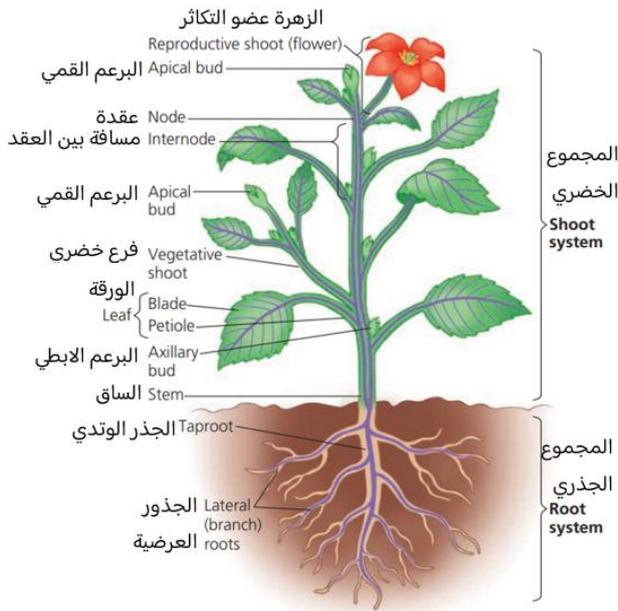
تتكون النباتات، مثل معظم الحيوانات، من خلايا cells وأنسجة وأعضاء عندما تتعرف على كل مستوى من مستويات تركيب النبات هذه، ضع في اعتبارك كيف أنتج الانتقاء الطبيعي أشكالًا نباتية تناسب وظيفة النبات على جميع مستويات التنظيم..

### أعضاء النبات الوعائية الأساسية: الجذور والسيقان والأوراق :

يعكس الشكل الأساسي للنباتات الوعائية vascular plants تاريخها التطوري ككائنات تعيش على اليابسة.

تشكل هذه الأعضاء نظامًا جذريًا ونظامًا خضريًا، ويتكون الأخير من السيقان والأوراق (انظر الشكل). وتعتمد النباتات الوعائية على كلا النظامين من أجل البقاء.

### الجذور: Roots



الجذر هو العضو الذي يثبت النبات الوعائي في التربة، ويمتص المعادن والماء، وغالبًا ما يخزن الكربوهيدرات والاحتياطيات الأخرى.

-الجذر الأولي، الذي نشأ في جنين البذرة، هو أول عضو ينبثق من البذرة النابتة. سرعان ما يتفرع ليشكل جذورًا جانبية (كما في الشكل)

تحتوي النباتات الطويلة المنتصبة ذات كتل الفروع الكبيرة عمومًا على نظام الجذر الوتدي، يتكون من جذر رأسي رئيسي- واحد، الجذر الوتدي، والذي يتطور عادة من الجذر الأولي أما في النباتات الوعائية

الصغيرة والتي تكون معرضة بشكل خاص لحيوانات الرعي التي يمكن أن تقتلع النباتات وتقتلها. يتم تثبيت مثل هذه النباتات بشكل أكثر كفاءة من خلال نظام الجذر الليفية، وهو عبارة عن حصيرة سميكة من الجذور النحيلة تنتشر تحت سطح التربة.

شكل 45: نظرة عامة إلى نبات زهري

وتشكل معظم أنظمة الجذور أيضا روابط فطرية ، تفاعلات تكافلية مع فطريات التربة التي تزيد من قدرة النبات على امتصاص المعادن. وتكيف جذور العديد من النباتات للقيام بوظائف متخصصة.



شكل 50: الجذور الهوائية



شكل 48: جذور الدعامه



شكل 49: الجذور التخزينية



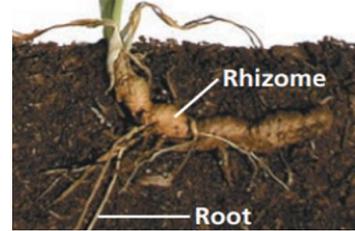
شكل 47: الجذور الدعامه



شكل 46: الشعيرات الجذرية

### السيقان Stems

الساق هو عضو نباتي يحمل الأوراق والبراعم وتتمثل وظيفتها الرئيسية في إطالة وتوجيه المجموع الخضري بطريقة تزيد من التمثيل الضوئي للأوراق. وظيفه أخرى للساقان هي رفع التراكيب التناسلية، وبالتالي تسهيل انتشار حبوب اللقاح والفاكهة. قد تؤدي السيقان الخضراء أيضا قدرًا محدودًا من عملية التمثيل الضوئي. بعض النباتات السيقان تقوم بوظائف بديلة ، مثل تخزين الطعام أو التكاثر اللاجنسي. غالبًا ما يتم الخلط بين العديد من هذه السيقان المتحورة و الجذور ومنها السيقان الريزومية و الدرناات والساقان الرئدية انظر الشكل.



شكل 51: تحورات السيقان

## الأوراق Leaves

في معظم النباتات الوعائية ، تعتبر الورقة العضو الرئيسي- في عملية التمثيل الضوئي. وبالإضافة إلى امتصاص الضوء ، تقوم الأوراق بتبادل لغازات مع الغلاف الجوي ، وتبديد الحرارة ، وتدافع عن نفسها من الحيوانات العاشبة ومسببات الأمراض وقد يكون لهذه الوظائف متطلبات فسيولوجية أو تشريحية أو مورفولوجية متضاربة على سبيل المثال:

قد يساعد غطاء كثيف من الشعر of hairs في صد الحشرات العاشبة، ولكنه قد يحبس أيضا الهواء بالقرب من سطح الورقة ، مما يقلل من تبادل الغازات وبالتالي التمثيل الضوئي. بشكل عام ، تتكون الورقة من نصل مفلطح وساق ، وهي سويقات تربط الورقة بالساق عند عقدة. وتختلف أحادية الفلقة وثنائية الفلقة في ترتيب التعرقات ، والأنسجة الوعائية للأوراق. تقريبا جميع الأوراق متخصصة في التمثيل الضوئي.

ومع ذلك ، فإن بعض الأنواع لها أوراق مع تكيفات تمكنها من أداء وظائف إضافية ، مثل الدعم أو الحماية أو التخزين أو التكاثر.



الاشواك



التكاثر



المحلاق



التخزين

شكل 53: تحورات الاوراق

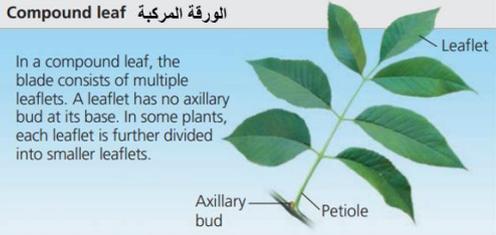
### الورقة البسيطة Simple leaf

الورقة البسيطة لها نصل واحد غير مقسم. بعض الأوراق البسيطة مفصصة بمعنى ، كما هو موضح هنا.



### الورقة المركبة Compound leaf

في الورقة المركبة ، تتكون النصل من عدة وريقات. الورقة لا تحتوي على برعم ابطني في قاعدتها. في بعض النباتات ، يتم تقسيم كل وريقة إلى وريقات أصغر.



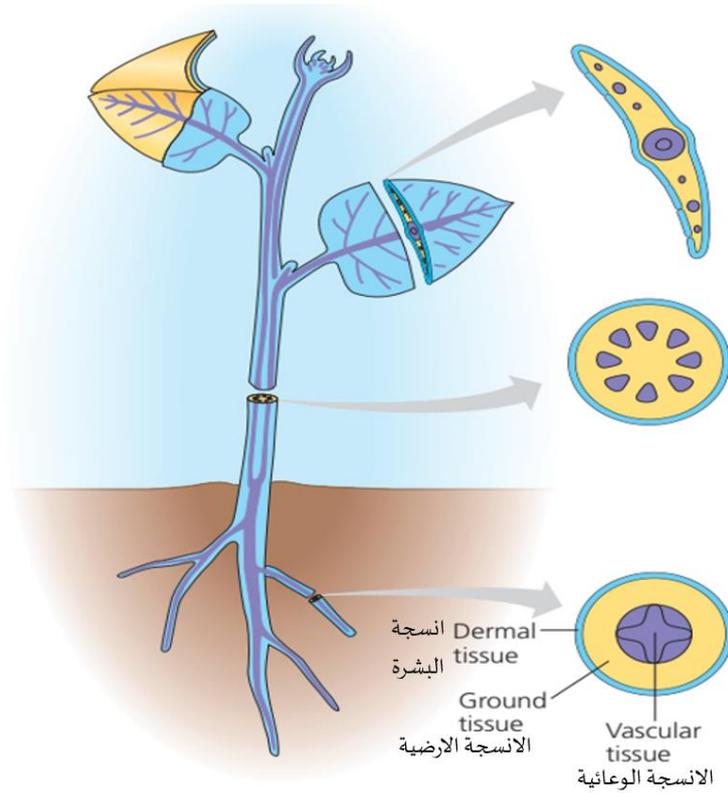
شكل 52: الورقة البسيطة والمركبة

## أنسجة البشرة والأنسجة الوعائية والأنسجة الأرضية

تتكون جميع أعضاء النباتات الوعائية الأساسية الثلاثة - الجذور والسيقان والأوراق من ثلاثة أنواع أساسية من الأنسجة: أنسجة البشرة والأنسجة الوعائية والأنسجة الأرضية. كل نوع من هذه الأنواع العامة يشكل نظام نسيج مستمر في جميع أنحاء النبات ويربط جميع الأعضاء. وتختلف أماكن تلك الأنسجة من عضو إلى آخر.

### انظمة الانسجة الثلاثة:

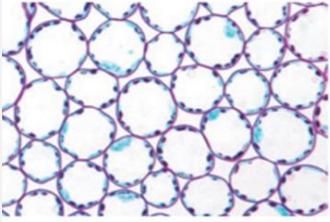
الانسجة الارضية	الانسجة الوعائية	انسجة البشرة
المسؤول عن وظائف التمثيل الغذائي ويكون بين أنسجة البشرة والأنسجة الوعائية	ينقل المواد بين نظامي الجذر والمجموع الخضري وهو متصل في جميع أنحاء النبات	يوفر غطاءً واقياً لكامل جسم النبات



شكل 54: نظام الانسجة في النبات

## الأنواع الشائعة من الخلايا النباتية

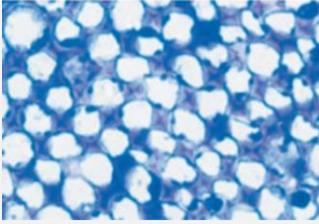
### الخلايا البرنشيمية



شكل 55: الأنسجة البرنشيمية

تحتوي على جدران أولية رقيقة ومرنة نسبيًا، وتفتقر معظمها إلى الجدران الثانوية. عندما تنضج تحتوي الخلايا على فجوة عسارية كبيرة مركزية. تؤدي الخلايا البرنشيمية معظم وظائف التمثيل الضوئي وتخزين الغذاء، حيث التمثيل الضوئي داخل البلاستيدات الخضراء للخلايا البرنشيمية في الورقة بينما تحتوي الخلايا البرنشيمية في السيقان والجذور على بلاستيدات عديمة اللون تخزن النشا. وتميز الخلايا البرنشيمية بقدرتها على الانقسام والتميز

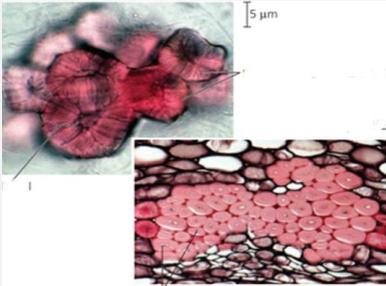
### الخلايا الكولنشيمية



شكل 56: الأنسجة الكولنشيمية

تساعد الخلايا الكولنشيمية في دعم الأجزاء الصغيرة من المجموع الخضري في النبات وهي خلايا مستطيلة ولها جدران أولية أكثر سمكًا من الخلايا البرنشيمية، وعلى الرغم من أن الجدران سمكية بشكل غير متساو فإنه غالبًا ما تحتوي السيقان والأعناق الصغيرة على خيوط من الخلايا الكولنشيمية أسفل البشرة مباشرة. وهي توفر دعماً مرناً. عند النضج تكون هذه الخلايا حية ومرنة وتستطيل مع السيقان والأوراق

### الخلايا السكلارنشيمية

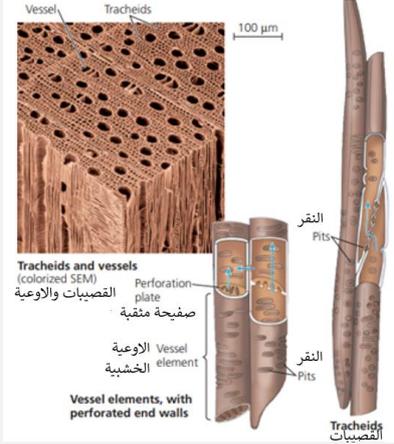


شكل 57: الأنسجة السكلارنشيمية

تعمل الخلايا السكلارنشيمية كعناصر دعامة في النبات وهي أكثر صلابة من الخلايا السكلارنشيمية وتكون جدرانها ثانوية تحتوي على كميات كبيرة من اللجنين وهو بوليمر قوي وتظهر تلك الأنسجة في مناطق النبات التي توقف فيها النمو تخصص الخلايا السكلارنشيمية للدعم وهي ميتة عند النضج. ويوجد نوعان هما الخلايا الحجرية التي تضيفي الصلابة على قشور البذور أما الألياف فهي طويلة ونحيلة وتستخدم لصنع الحبال

## الأنواع الشائعة من الخلايا النباتية

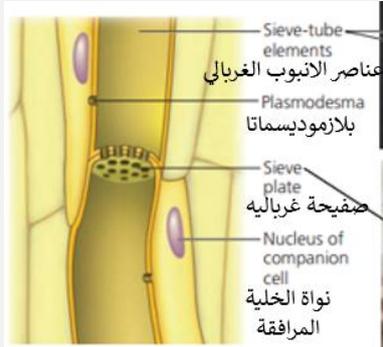
### خلايا الخشب الناقلة للماء



شكل 58: خلايا الخشب

نوعان من الخلايا الموصلة للماء ، القصبيات والأوعية ، وهي عبارة عن خلايا أنبوبية مستطيلة ممتدة ومتصلبة عند النضج الوظيفي تظهر القصبيات في جميع النباتات الوعائية بينما في معظم كاسيات البذور وبعض عاريات البذور يوجد أوعية خشبية بالإضافة إلى القصبيات. تشكل القصبيات والأوعية قنوات ، غير حية تتدفق من خلالها المياه وغالباً ما تتقاطع الجدران الثانوية للقصبيات والأوعية عن طريق النقر وهي مناطق رقيقة تسمح للماء أن يتدفق أفقياً ويتم تدعيم الجدران الثانوية للقصبيات والأوعية باستخدام اللجنين يوفر لها دعم ويحميها من انهيار تحت ضغط النقل المائي

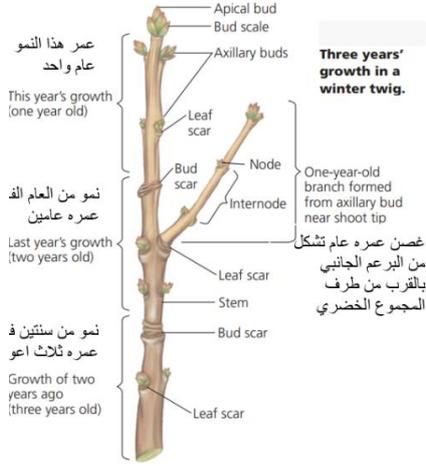
### خلايا اللحاء الناقلة للسكر



شكل 59: خلايا اللحاء

تقوم خلايا اللحاء بنقل السكريات والمغذيات الأخرى عبر خلايا طويلة وضيقة تسمى الأنبوب الغربالي والتي تتكون من سلاسل من الخلايا تسمى عناصر الأنبوب الغربالي وعلى الرغم من ان عناصر الأنبوب الغربالي حية إلا أنها تفتقر إلى النواة و الرايبوسومات والفجوة العصارية هذا الانخفاض في محتوى الخلية يمكن المغذيات من المرور بسهولة أكبر. الجدران الطرفية بين عناصر الأنبوب الغربالي والتي تسمى صفائح غربالية لها مسام تسهل تدفق السائل من خلية إلى أخرى وتوجد بجانب كل عنصر غربالي خلايا غير موصلة تسمى الخلية المرافقة وهي تساعد على تحميل السكر إلى الأنبوب الغربالي

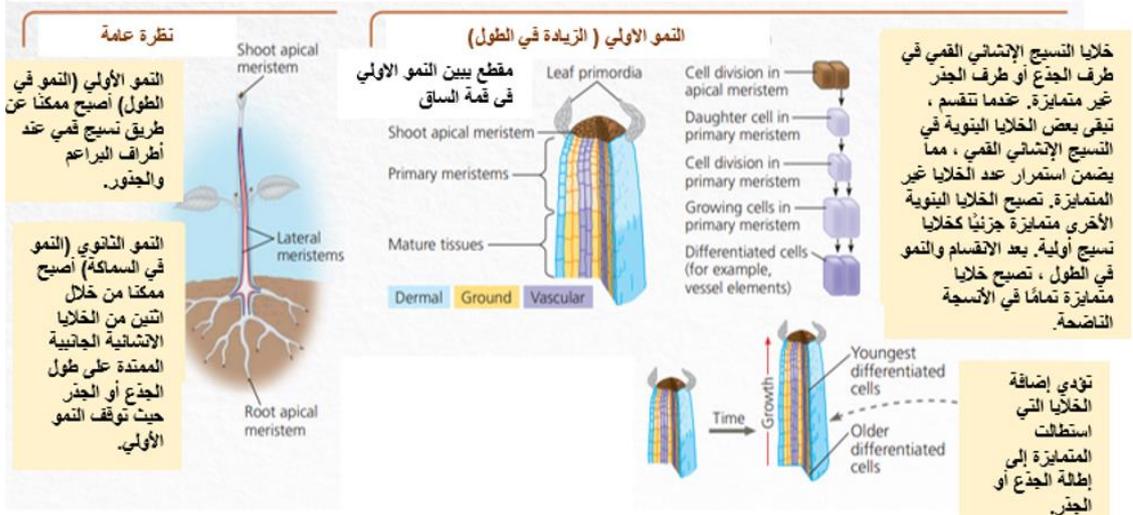
## تولد الخلايا الإنشائية المختلفة خلايا جديدة للنمو الأول والثاني:



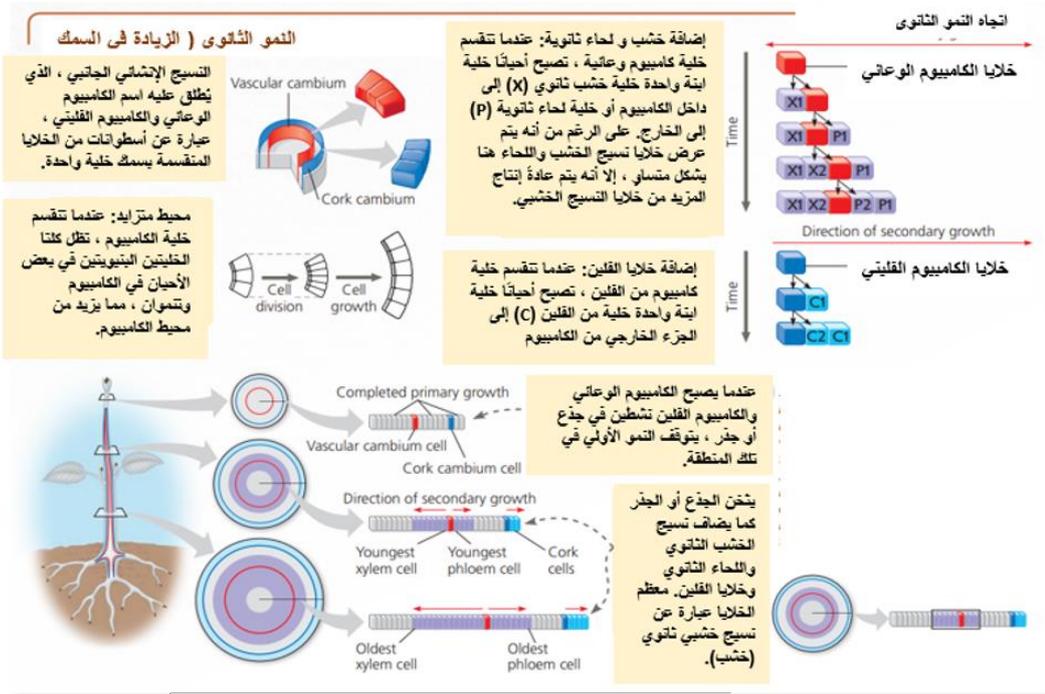
شكل 60: فترات النمو في النبات كل عام

الفرق الرئيسي بين النباتات ومعظم الحيوانات هو أن نمو النبات لا يقتصر على فترة الجنين فقط بدلا من ذلك ، يحدث النمو طوال عمر النبات ، وهي عملية تسمى النمو غير المحدد ويمكن للنباتات أن تستمر في النمو لأنها تمتلك أنسجة غير متميزة تسمى الخلايا الإنشائية التي تحتوي على خلايا يمكن أن تنقسم ، مما يؤدي إلى خلايا جديدة تستطيل وتصبح متميزة. هناك نوعان رئيسيان من الخلايا الإنشائية خلايا إنشائية قميه و خلايا إنشائية جانبية. ويسمح النمو الأولي للجذور بالتمدد في جميع أنحاء التربة ويسمح بارتفاع المجموع الخضري لزيادة التعرض للضوء

جميع النباتات الوعائية لها نمو أولي: النمو في الطول. النباتات الخشبية لها أيضا نمو ثانوي: وهو الزيادة في السمك. أثناء دراسة المخططات ، تخيل كيف تنمو الفروع والجذور في الطول وتزداد سمكًا.



شكل 61: النمو الأولي في النبات



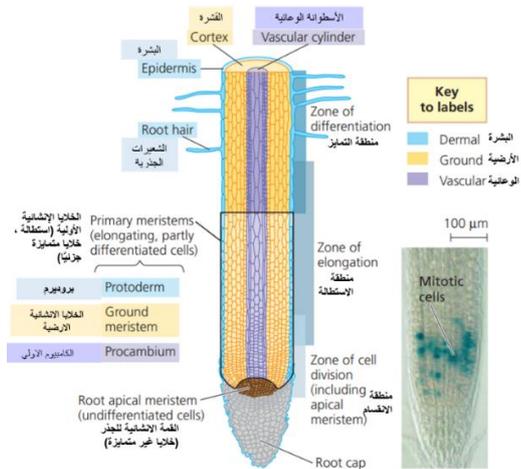
شكل 62: النمو الثانوي في النبات

## النمو الأولي يزيد من طول الجذور والفروع:

### النمو الأولي للجذور:

تشتق الكتلة الحيوية الكاملة للجذر الأولي من النسيج الإنشائي القمي للجذر. كما أن النسيج الإنشائي القمي للجذر يصنع غطاء للجذر يشبه الكشتبان ، والذي يحمي النسيج القمي الرقيق بينما يدفع الجذر عبر التربة لحمايته من الاحتكاك. يحدث النمو خلف الطرف مباشرة في ثلاث مناطق متداخلة من الخلايا في مراحل متتالية من النمو الأولي.

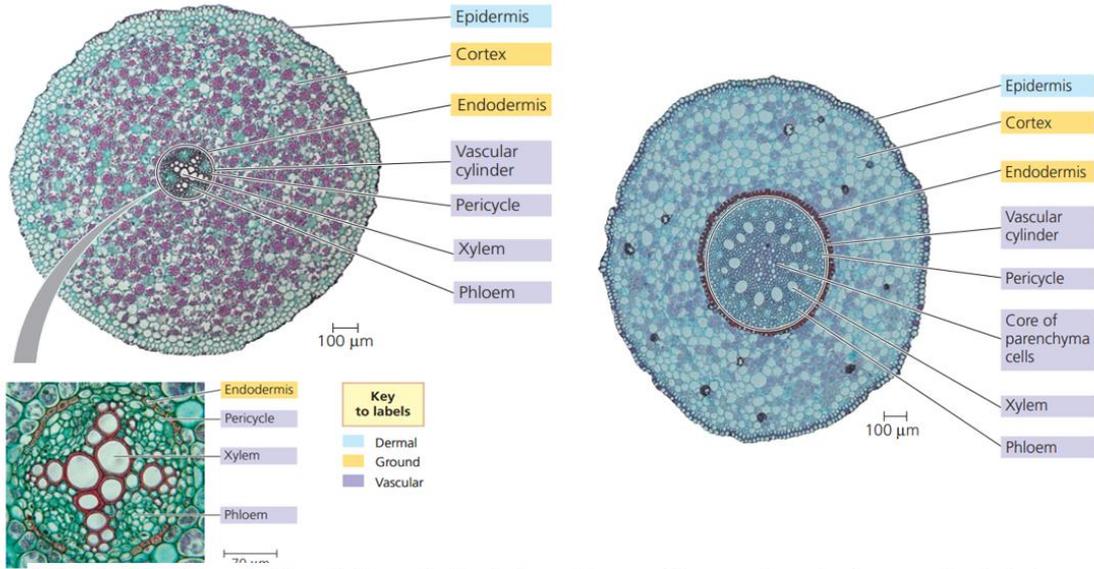
- منطقة الانقسام
- منطقة الاستطالة
- منطقة التمايز



شكل 63: قطاع في القمة النامية للجذر

## نمو وتشريح الجذر:

- الشعيرات الجذرية هو السمة الأبرز لبشرة الجذر.
- القشرة، المنطقة الواقعة بين الأنسجة الوعائية والبشرة. والتي تتكون في الغالب من خلايا برنشيمية
- البشرة الداخلية عبارة عن حاجز انتقائي ينظم مرور المواد من التربة إلى الأسطوانة الوعائية.
- يؤدي الكامبيوم الأولي إلى نشوء الأسطوانة الوعائية ، والتي تتكون من لب صلب من أنسجة الخشب و اللحاء محاطة بطبقة خلوية تسمى بريسكيل تنشأ الجذور الجانبية (المتفرعة من المناطق النشطة الإنشائية في الحلقة المحيطية ، وهي الطبقة الخارجية للخلية في الأسطوانة الوعائية ، والمجاورة للبشرة الداخلية وداخله مباشرة كما في الشكل السابق. تندفع الجذور الجانبية الناشئة بشكل مدمر عبر الأنسجة الخارجية حتى تخرج من الجذر الثابت



(a) Root with xylem and phloem in the center (typical of eudicots). In the roots of typical gymnosperms and eudicots, as well as some monocots, the stele is a vascular cylinder appearing in cross section as a lobed core of xylem with phloem between the lobes.

الجذر مع نسيج الخشب واللحاء في المركز (نموذجي في ثنائية الفلقة). في جذور عاريات البذور النموذجية وثنائية الفلقة ، وكذلك بعض أحادية الفلقة ، الشاهدة عبارة عن أسطوانة وعائية تظهر في المقطع العرضي كنواة مفصصة من نسيج الخشب مع لحاء بين الفصوص.

(b) Root with parenchyma in the center (typical of monocots). The stele of many monocot roots is a vascular cylinder with a core of parenchyma surrounded by a ring of xylem and a ring of phloem.

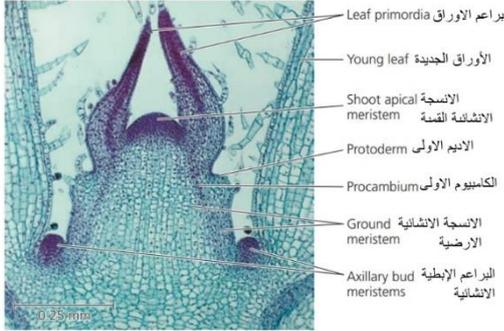
الجذر مع الخلايا البرنشيمية في المركز (نموذجي لأحادية الفلقة). إن شاهدة العديد من الجذور أحادية النواة عبارة عن أسطوانة وعائية ذات قلب من الخلايا البرنشيمية محاطة بحلقة من نسيج الخشب وحلقة من اللحاء.

شكل 64: التركيب الداخلي للجذر في ذوات الفلقة والفلقتين

## النمو الأولي للمجموع الخضري:

قطاع طولي للقمة النامية في الساق، تنشأ براعم الأوراق من جوانب قمة النسيج الإنشائي القمي

The shoot tip. Leaf primordia arise from the flanks of the dome of the apical meristem. This is a longitudinal section of the shoot tip of Coleus (LM).

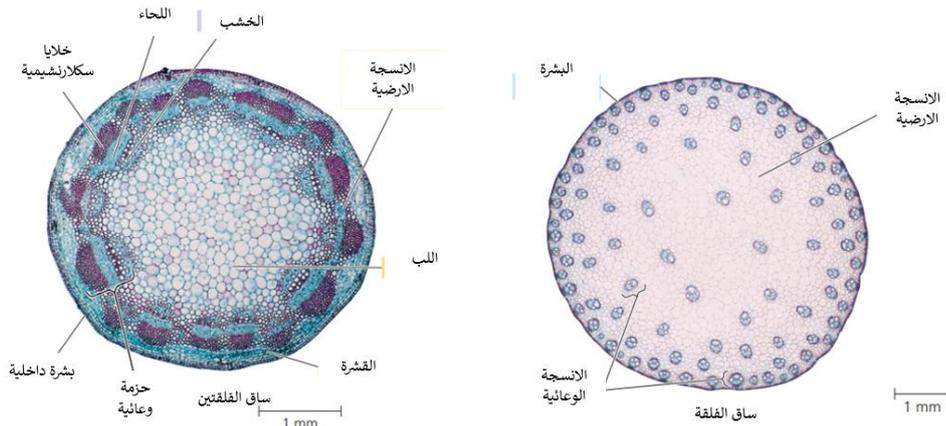


شكل 65: قطاع في القمة النامية للساق

تشتق الكتلة الحيوية الكاملة للمجموع الخضري الأولي كل أوراقها وسيقانها - من النسيج الإنشائي القمي ، وهو كتلة على شكل قبة من الخلايا المنقسمة عند طرف الساق (انظر الشكل). ينشأ تفرع المجموع الخضري ، وهو أيضا جزء من النمو الأولي ، من تنشيط البراعم الإبطية ، ولكل منها نسيج قمي خاص بها. وبسبب الاتصال الكيميائي عن طريق الهرمونات النباتية ، كلما اقترب البرعم الإبطي من برعم قمي نشط ، زاد تثبيطه ، وهي ظاهرة تسمى سيادة القمة النامية

## نمو وتشرح الساق:

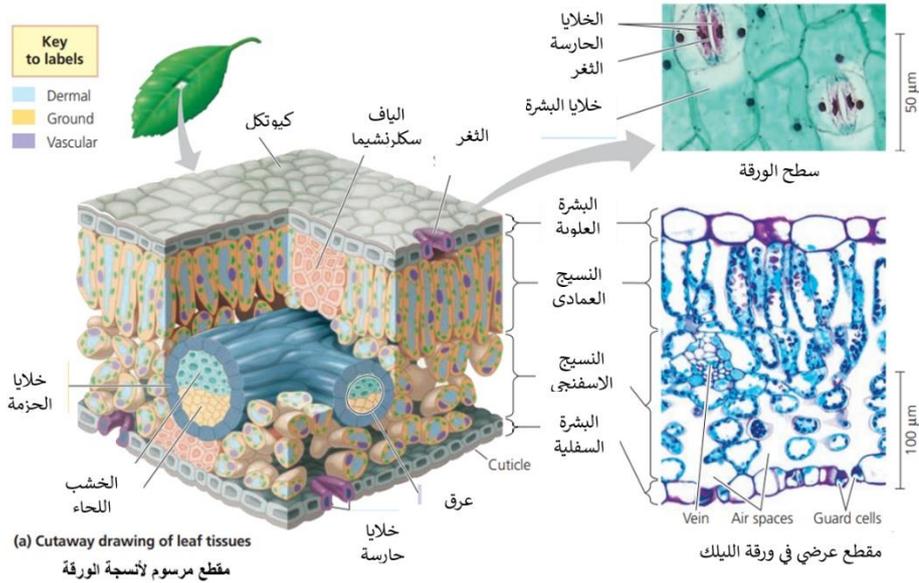
الساق مغطى ببشرة تكون عادة بسماكة خلية واحدة ومغطاة بطبقة شمعية تمنع فقدان الماء. بعض الأمثلة على خلايا البشرة المتخصصة في الجذع تشمل خلايا الحماية و الشعيرات) الشعيرات الغدية ويتكون النسيج الأرضي للسيقان في الغالب من خلايا النسيج البرنشيمي. خلايا كولنشيمية الموجودة أسفل البشرة تعطي دعامة للعديد من السيقان أثناء النمو الأولي. كما توجد الخلايا السكلارنشيمية وخاصة الخلايا الليفية، والتي توفر الدعم أيضا في تلك الأجزاء من السيقان التي لم تعد قادرة على الاستطالة. بينما تمتد الأنسجة الوعائية على طول الساق في حزم وعائية.



شكل 66: تركيب الساق في ذوات الفلقة والفلقتين

## نمو وتشريح الأوراق:

- تُغطى البشرة في الورقة بطبقة شمعية إلا في الأماكن التي توجد فيها الثغور ، مما يسمح بتبادل ثاني أكسيد الكربون والأكسجين بين الهواء المحيط وخلايا التمثيل الضوئي ، تعد الثغور طرقاً رئيسية لفقد بخار الماء. وهي محاطة بخليتين متخصصتين من خلايا البشرة المعروفة باسم الخلايا الحارسة .
- النسيج الأرضي للورقة ، المسمى بالميزوفيل "النسيج الوسطي" ، محصور بين طبقات البشرة العلوية والسفلية. ويتكون الميزوفيل بشكل أساسي من خلايا برنشيمية متخصصة في التمثيل الضوئي. ويتكون من:
  - الخلايا العمادية تتكون من طبقة واحدة أو أكثر من خلايا برنشيمية حدث لها استطالة في الجزء العلوي من الورقة.
  - الخلايا الإسفنجية توجد أسفل الخلايا العمادية. ويتم ترتيب الخلايا البرنشيمية هذه بشكل متباعد ، مع فراغات من المساحات الهوائية
- الأنسجة الوعائية لكل ورقة متصلة مع الأنسجة الوعائية للساق. وتنقسم التعرقات بشكل متكرر وتتفرع في جميع أنحاء الميزوفيل. تجعل هذه الشبكة نسيج الخشب واللحاء على اتصال وثيق مع نسيج التمثيل الضوئي ، الذي يحصل على الماء والمعادن من نسيج الخشب وتحمل السكريات والمنتجات العضوية الأخرى في اللحاء لنقلها إلى أجزاء أخرى من النبات.



شكل 67: قطاع عرضي في الورق

## النمو الثانوي يزيد من قطر الجذور والسيقان في النباتات الخشبية:

تخضع جميع أنواع عاريات البذور والعديد من أنواع ذوات الفلقتين لنمو ثانوي ، لكنه غير معتاد في ذوات الفلقة الواحدة كما أنه يحدث في سيقان وجذور النباتات الخشبية ، ولكن نادراً ما يحدث في الأوراق. ويتكون النمو الثانوي من الأنسجة التي ينتجها الكامبيوم الوعائي والكامبيوم الفليني .

النمو الأولي والثانوي للساق الخشبية.  
primary and secondary growth of a woody stem.

**1** Primary growth from the activity of the apical meristem is nearing completion. The vascular cambium has just formed.  
أوشك النمو الأولي الناتج عن نشاط النسيج الإمتثالي القمي على الانتهاء. لقد تشكلت الكامبيوم الوعائي للتو.

**2** Although primary growth continues in the apical bud, only secondary growth occurs in this region. The stem thickens as the vascular cambium forms secondary xylem to the inside and secondary phloem to the outside.  
على الرغم من استمرار النمو الأولي في البرعم القمي ، إلا أن النمو الثانوي فقط يحدث في هذه المنطقة. يزداد سمك الساق لأن الكامبيوم الوعائي يشكل نسيجاً خشبياً ثانوياً إلى الداخل واللحاء الثانوي إلى الخارج.

**3** Some stem cells of the vascular cambium give rise to vascular rays.  
تؤدي بعض الخلايا الجذعية في الكامبيوم الوعائي إلى ظهور أشعة وعائية.

**4** As the vascular cambium's diameter increases, the secondary phloem and other tissues external to the cambium can't keep pace because their cells no longer divide. As a result, these tissues, including the epidermis, will eventually rupture. A second lateral meristem, the cork cambium, develops from parenchyma cells in the cortex. The cork cambium produces cork cells, which replace the epidermis.  
مع زيادة قطر الأنسجة الوعائية في الكامبيوم ، لا تستطيع اللحاء الثانوي والأنسجة الأخرى الخارجية للكامبيوم مواكبة ذلك لأن خلاياها لم تعد تنقسم نتيجة لذلك ، ستتمزق هذه الأنسجة ، بما في ذلك البشرة ، في النهاية. النسيج الإمتثالي الجانبي الثاني ، الكامبيوم الفليني ، يتطور من خلايا النسيج البرنشيمي في القشرة. ينتج كامبيوم الفلين خلايا الفلين التي تحل محل البشرة.

**5** In year 2 of secondary growth, the vascular cambium produces more secondary xylem and phloem. Most of the thickening is from secondary xylem. Meanwhile, the cork cambium produces more cork.  
في السنة الثانية من النمو الثانوي ، ينتج الكامبيوم الوعائي المزيد من الخشب واللحاء الثانوي. معظم السماكة ناتجة عن نسيج الخشب الثانوي. وفي الوقت نفسه ، ينتج كامبيوم الفلين المزيد من الفلين.

**6** As the stem's diameter increases, the outermost tissues exterior to the cork cambium rupture and are sloughed off.  
مع زيادة قطر الساق، تتمزق الأنسجة الخارجية الخارجة للكامبيوم الفليني وتنتفخ..

**7** In many cases, the cork cambium re-forms deeper in the cortex. When none of the cortex is left, the cambium develops from phloem parenchyma cells.  
في كثير من الحالات ، يتشكل كامبيوم الفلين بشكل أعمق في القشرة. عندما لا يتم ترك أي من القشرة ، يتطور الكامبيوم من الخلايا البرنشيمية للحاء..

**8** Each cork cambium and the tissues it produces form a layer of periderm..  
يتشكل كل كامبيوم الفلين والأنسجة التي ينتجها طبقة من الأدمة المحيطة.

**9** Bark consists of all tissues exterior to the vascular cambium.  
يتكون اللحاء من جميع الأنسجة الموجودة خارج الكامبيوم الوعائي.

شكل 68: النمو الأولي والثانوي في الساق الخشبية

## التحكم الجيني في الأزهار:

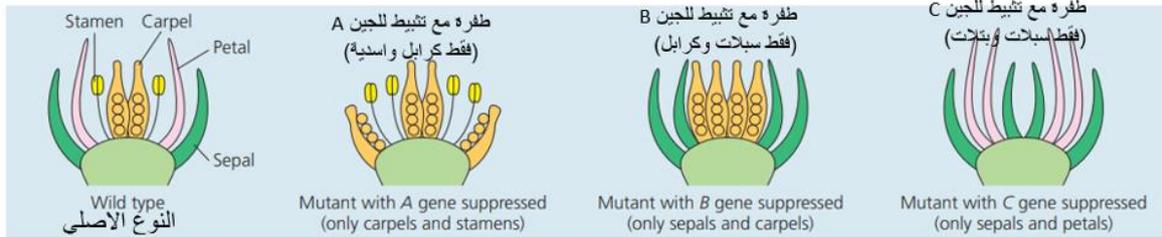
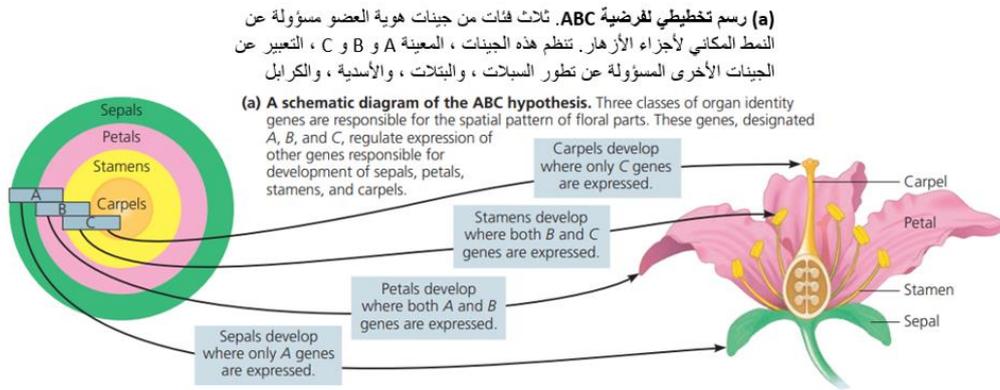
يتضمن تكوين الزهرة تغييراً في الطور من النمو الخضري إلى النمو التناسلي. ويتم تنشيط هذا التحول من خلال مجموعة من الإشارات البيئية ، مثل طول اليوم ، والإشارات الداخلية ، مثل

الهرمونات. يرتبط الانتقال من النمو الخضري إلى الإزهار بالتبديل إلى جينات هوية النسيج الإنشائي الزهري

-المنتجات البروتينية لهذه الجينات هي عوامل النسخ التي تنظم الجينات المطلوبة لتحويل الأنسجة الإنشائية الخضرية غير المحددة إلى أنسجة إنشائية زهرية محددة.

عندما يتم تحفيز النسيج الإنشائي للقمة النامية للإزهار، يحدد ترتيب ظهور كل بادئة نموه إلى نوع معين من الأعضاء الزهرية - سبلات أو بتلات أو أسدية أو كرابل.

-تشكل هذه الأعضاء الزهرية أربعة حلقات يمكن وصفها تقريبًا بأنها "دوائر" متحدة المركز عند النظر إليها من الأعلى.



شكل 69: منظر جانبي للزهور الأصلية والزهور مع طفرات هوية العضو ملاحظة: إذا تم قمع الجين A أو الجين C سيتم التعبير عن الجين الآخر

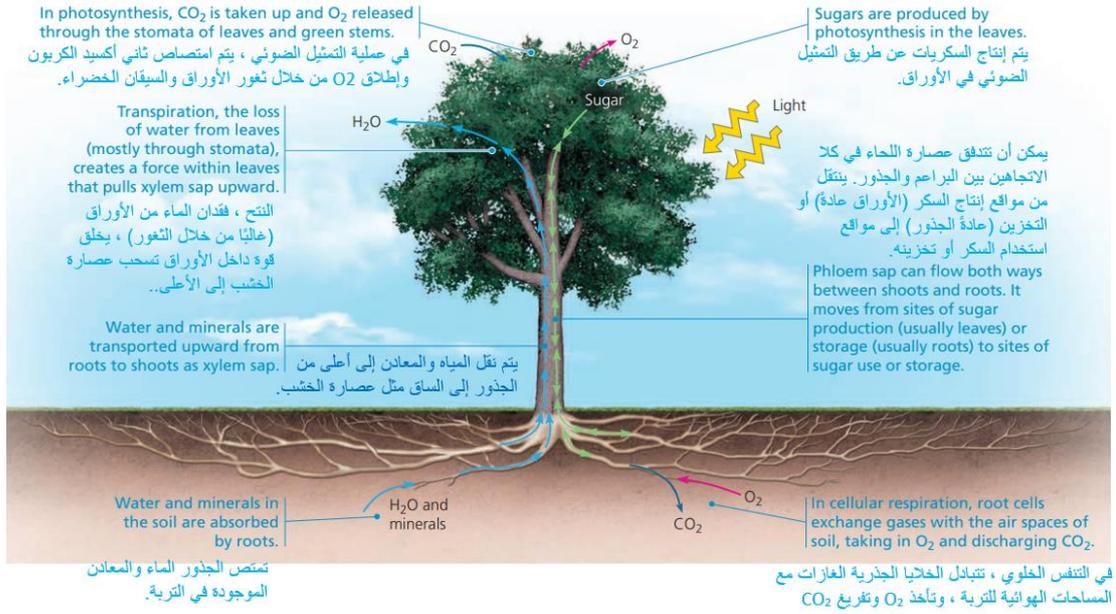
## الفصل الثاني

# الحصول على الموارد ونقلها في النباتات الوعائية



## كانت عمليات التكيف للحصول على الموارد خطوات أساسية في تطور النباتات الوعائية:

تنمو معظم النباتات في التربة وبالتالي تعيش في عالمين - فوق الأرض ، حيث يكتسب المجموع الخضري ضوء الشمس وثنائي أكسيد الكربون ، وتحت الأرض ، حيث تكتسب الجذور الماء والمعادن. ويقدم (الشكل التالي) لمحة عامة عن اكتساب الموارد ونقلها في نباتات التمثيل الضوئي النشطة.



شكل 70: لمحة عامة عن اكتساب الموارد ونقله في النبات

## كيفية الجذور والأوراق لاكتساب الموارد:

بنية المجموع الجذري والحصول على الماء	بنية المجموع الخضري والتقاط الضوء
1- التعديل في بنية وتركيب الجذور	1- اختلاف أنماط التفرع
2- علاقات متبادلة المنفعة مع الكائنات الحية الدقيقة	2- التنوع في حجم الأوراق وتركيبها
	3- ترتيب الأوراق على الساق

## آليات مختلفة لنقل المواد لمسافات قصيرة أو طويلة:

### نقل الماء لمسافات قصيرة عبر الغشاء البلازمي:

يحدث امتصاص أو فقدان الماء من قبل الخلية بالخاصية الاسموزية ، وانتشار الماء الحر - الماء غير المرتبط بالمواد المذابة أو الأسطح - عبر الغشاء.

-الخاصية الفيزيائية التي تنتبأ بالاتجاه الذي سيتدفق فيه الماء تسمى جهد الماء ، وهي الكمية التي تتضمن تأثيرات تركيز المذاب والضغط الفيزيائي.

-تنتقل المياه الحرة من المناطق ذات الجهد المائي العالي إلى المناطق ذات الجهد المائي المنخفض إذا لم يكن هناك عائق أمام تدفقها.

-يتم اختصار جهد الماء بالحرف اليوناني  $\Psi$  (psi) ، تنطق ساي .(يقيس علماء الأحياء النباتية  $\Psi$  بوحدة ضغط تسمى ميغا باسكال.(MPa)

-بحكم التعريف ، فإن  $\Psi$  من الماء النقي في وعاء مفتوح للغلاف الجوي تحت الظروف القياسية (عند مستوى سطح البحر ودرجة حرارة الغرفة) هو 0 ميغا باسكال.

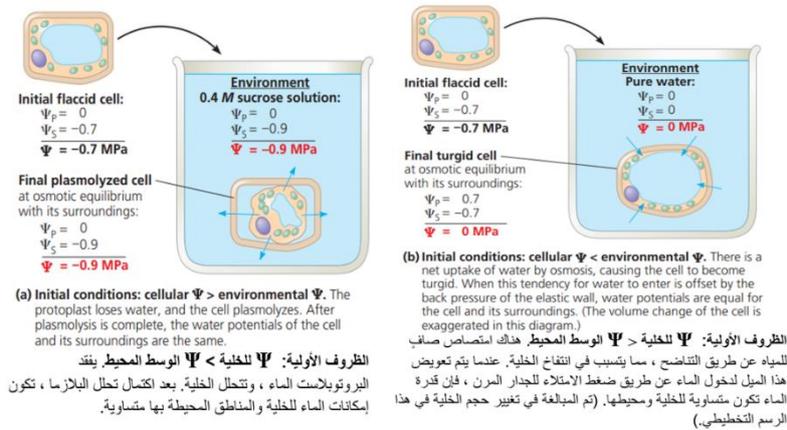
دعونا الآن نفكر في كيفية تأثير جهد الماء على امتصاص وفقدان الماء بواسطة خلية نباتية حية .

-أولاً ، تخيل خلية رخوة نتيجة لفقدان الماء. في هذه الحالة يكون  $\Psi_p$  للخلية 0 ميغا باسكال. افترض أن هذه الخلية الرخوة مغمورة في محلول بتركيز من المواد الذائبة أعلى من الخلية نفسها -نظرًا لأن المحلول الخارجي يحتوي على جهد مائي (أقل أكثر سلبية) فإن الماء ينتشر خارج الخلية ويكون البروتوبلاست للخلية تحت وضع التحلل البلازمي أي أنها تتقلص وتنسحب بعيدًا عن جدار الخلية.

-إذا وضعنا نفس الخلية الرخوة في ماء نقي  $\Psi = 0$  ميغا باسكال الشكل b، فإن الخلية ، نظرًا لاحتوائها على مواد مذابة ، لديها جهد مائي أقل من الماء النقي ، ويدخل الماء إلى الخلية بالخاصية الأسموزي.

-تبدأ محتويات الخلية في الانتفاخ وتضغط على غشاء البلازما ضد جدار الخلية. الجدار المرن جزئيًا ، الذي يكون ضغط الامتلاء ، يحصر البروتوبلاست المضغوط.

-عندما يكون هذا الضغط كافيًا لموازنة ميل الماء للدخول بسبب المواد المذابة في الخلية ، في هذه الحالة يكون  $\Psi_p$  و  $\Psi_s$  متساويان و  $\Psi = 0$



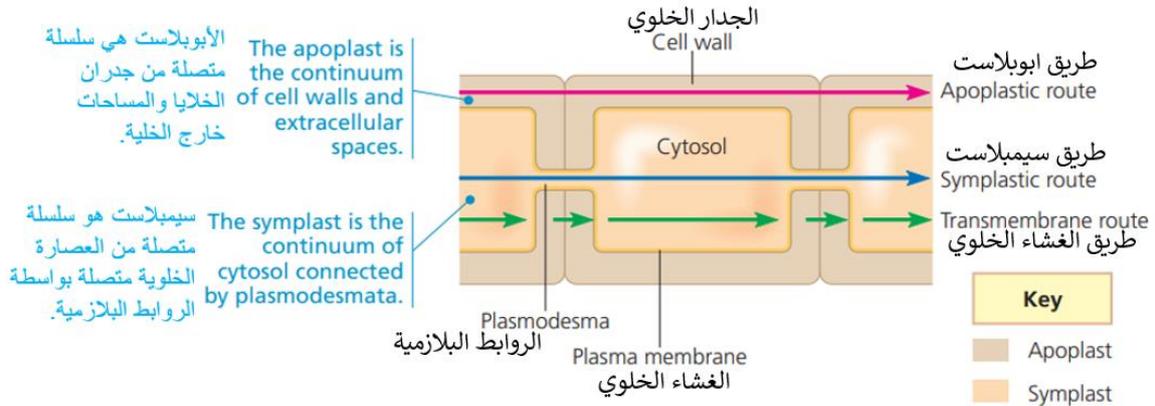
شكل 71: تأثير جهد الماء على امتصاص وفقدان الماء بواسطة خلية نباتية حية

## الأكوابورينات: تسهيل انتشار الماء

الاختلاف في قدرة الماء يحدد اتجاه حركة الماء عبر الأغشية ، ولكن كيف تعبر جزيئات الماء الأغشية فعليًا؟  
جزيئات الماء صغيرة بما يكفي لتنتشر عبر طبقتي الفسفوليبيدات، على الرغم من أن الطبقة الداخلية من الطبقة الثنائية كارهة للماء ومع ذلك ، فإن حركتها عبر الأغشية البيولوجية تكون سريعة جدًا بحيث لا يمكن تفسيرها بالانتشار بدون مساعدة. لذلك تعمل بروتينات ناقلة التي تسمى اكوابورينات aquaporins على تسهيل نقل جزيئات الماء عبر الأغشية البلازمية في الخلايا النباتية. وتؤثر قنوات الأكوابورينات، التي يمكن أن تفتح وتغلق ، على معدل تحرك الماء بالخاصية الاسموزية عبر الغشاء. ان هذه النفاذية تنخفض بزيادة  $+Ca^{2+}$  في العصارة الخلوية أو انخفاض في pH في العصارة الخلوية.

### ابوبلاست و سيمبلاست: استمرارية النقل

الروابط البلازمية	سيمبلاست	ابوبلاست
وهي القنوات السيتوبلازمية التي تربط الخلايا ببعضها البعض.	يتكون من الكتلة الكاملة من العصارة الخلوية لجميع الخلايا الحية في النبات ،	يتكون من كل شيء خارج الغشاء البلازمي للخلايا الحية ويشمل جدران الخلايا والمساحات خارج الخلية وداخل الخلايا الميتة مثل عناصر الأوعية الخشبية.



شكل 72: طرق النقل لمسافات قصيرة في الخلايا النباتية

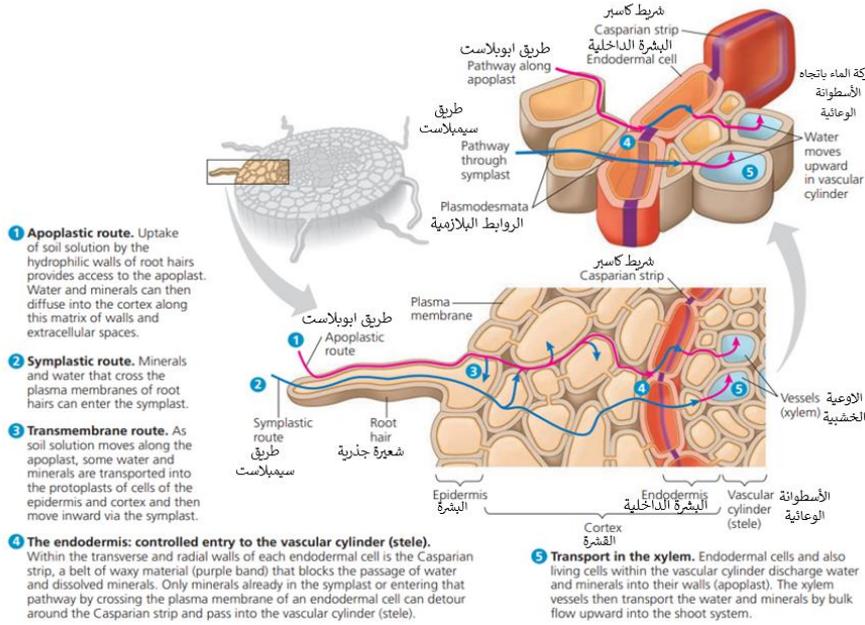
## النقل لمسافات طويلة: دور التدفق الكتلي

يحدث النقل لمسافات طويلة من خلال التدفق الكتلي bulk flow ، وهي حركة السائل استجابة لتدرج الضغط يحدث التدفق الكتلي للمواد دائماً من ضغط أعلى إلى ضغط منخفض. على عكس التناضح ، فإن التدفق الكتلي مستقل عن تركيز المذاب. ويحدث التدفق الكتلي لمسافات طويلة داخل الخلايا المتخصصة في الأنسجة الوعائية، وهي القصبات وعناصر الأوعية في نسيج الخشب والأنابيب الغربالية في اللحاء.

## يؤدي النتح إلى نقل المياه والمعادن من الجذور إلى الأوراق عبر نسيج الخشب:

### يمر امتصاص الماء والأملاح ونقله عبر الخشب بثلاث مراحل

النقل بالتدفق الكتلي عبر الخشب	نقل المياه والمعادن إلى نسيج الخشب	امتصاص الماء والمعادن بواسطة خلايا الجذر
1- دفع عصارة الخشب: ضغط الجذر	1- السيمبلاست	1- الخاصية الأسموزية
2- سحب عصارة الخشب: فرضية التماسك والشد	2- ابوبلاست	2- النقل النشط

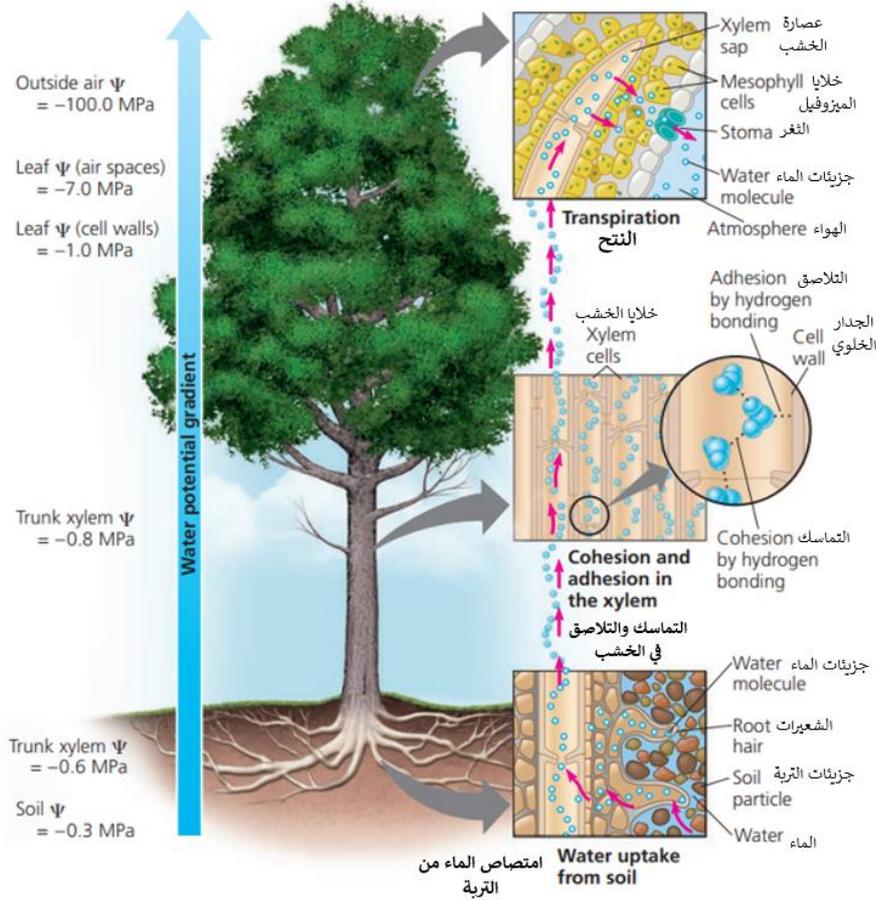


<p><b>1 طريق ابوبلاست.</b> يتبع امتصاص محلول التربة بواسطة الجدران المجاورة للماء للشعيرات الجذرية الوصول إلى الأبوبلاست. يمكن بعد ذلك أن تنتشر المياه والمعادن في القشرة على طول مصفوفة الجدران والمساحات خارج الخلية.</p>	<p><b>2 طريق سيمبلاست.</b> المعادن والماء التي تدير الغشاء البلازمي للشعيرات الجذرية يمكن أن تدخل في السيمبلاست.</p>	<p><b>3 طريق عبر الغشاء.</b> عندما يتحرك محلول التربة على طول الأبوبلاست ، يتم نقل بعض الماء والمعادن إلى الخلايا الأولية لخلايا البشرة والقشرة ثم تتحرك إلى الداخل عبر سيمبلاست.</p>
<p><b>4 البشرة الداخلية:</b> دخول متحكم به إلى الأسطوانة الوعائية. داخل الجدران المستعرضة والشعاعية لكل خلية من خلايا البشرة الداخلية يوجد شريط كاسير ، وهو حزام من مادة شمعية (شريط أرجواني) يمنع مرور الماء والمعادن الذاتية. فقط المعادن الموجودة بالفعل في سيمبلاست أو التي تدخل هذا المسار عن طريق عبور الغشاء البلازمي لخلية البشرة الداخلية يمكن أن تلتف حول شريط كاسير وتنتقل إلى الأسطوانة الوعائية (stele).</p>	<p><b>5 النقل في نسيج الخشب.</b> تقوم خلايا البشرة الداخلية وكذلك الخلايا الحية داخل أسطوانة الأوعية بتصريف المياه والمعادن إلى جدرانها (ابوبلاست). تقوم أوعية الخشب بعد ذلك بنقل المياه والمعادن عن طريق التدفق الكتلي لأعلى في النظام الخشري.</p>	

شكل 73: نقل المياه والمعادن من الشعيرة الجذرية إلى نسيج الخشب

## صعود عصارة الخشب:

تشكل الرابطة الهيدروجينية سلسلة غير منقطعة من جزيئات الماء تمتد من الأوراق إلى التربة. القوة الدافعة لصعود عصارة الخشب هي التدرج لجهد الماء ( $\Psi$ ) بالنسبة للتدفق الكلي عبر مسافة طويلة، يرجع التدرج في ( $\Psi$ ) أساساً إلى تدرج جهد الضغط ( $\Psi$ ) ينتج عن النتح إن الضغط في نهاية الورقة أقل من الضغط في نهاية الجذر.

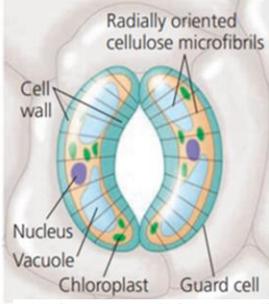


شكل 74: صعود عصارة الخشب

## معدل النتح تنظمه الثغور:

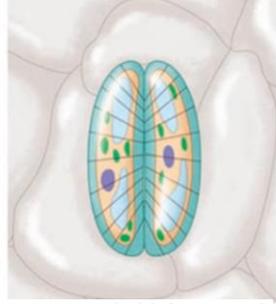
- الثغور هي المسارات الرئيسية لفقدان المياه
- آليات فتح وإغلاق الثغور
- محفزات فتح وإغلاق الثغور

الخلايا الحارسة منتفخة / الثغور مفتوح

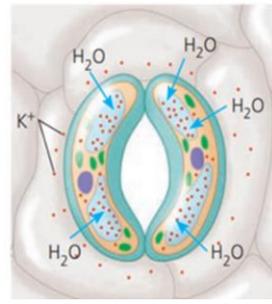


التغيرات في شكل الخلية الحارسة وفتح وإغلاق الثغور (عرض السطح). يتم توضيح الخلايا الحارسة لنبات كاسيات البذور النموذجية في حالتها المنتفخة (الثغور مفتوح) والحالة الذابلة (الثغور مغلق). يؤدي الاتجاه الشعاعي لشرايح السليلوز الدقيقة في جدران الخلايا إلى زيادة طول الخلايا الحارسة أكثر من عرضها عند زيادة التورم. نظرًا لأن الخليتان الحارستان مرتبطتان بإحكام عند أطرافهما ، فإنهما ينحنيان للخارج عندما يكونان متورمتين ، مما يؤدي إلى فتح مسام الثغور.

الخلايا الحارسة ذابلة/ الثغور مغلق

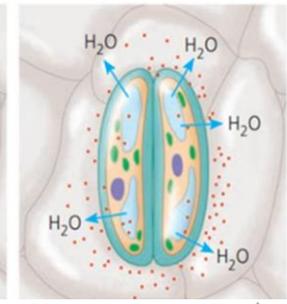


الخلايا الحارسة منتفخة / الثغور مفتوح



دور أيونات البوتاسيوم ( $K^+$ ) في فتح وإغلاق الثغور. يتسبب نقل  $K^+$  (الذي يُرمز إليه هنا بالنقاط الحمراء) عبر الغشاء البلازمي وأغشية الفجوات في حدوث تغيرات في الخلايا الحارسة. يساهم امتصاص الأيونات ، مثل أيونات المالات والكلوريد (غير موضح) ، أيضًا في تورم الخلايا الحارسة.

الخلايا الحارسة ذابلة/ الثغور مغلق



شكل 75: آلية فتح وإغلاق الثغور

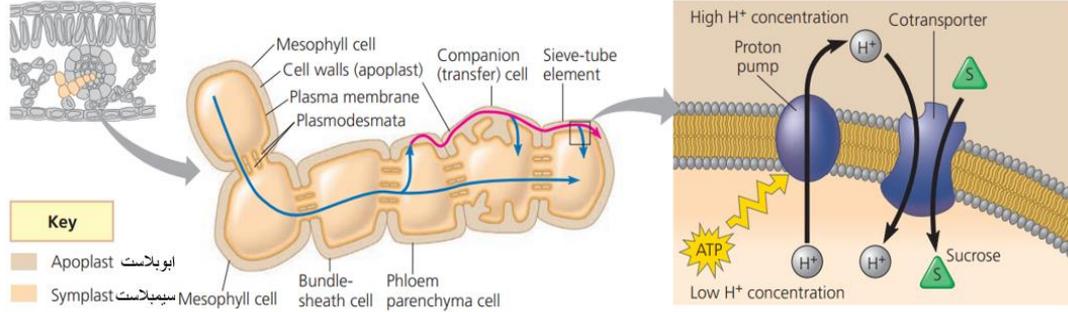
## التكيفات التي تقلل فقدان الماء:

تتميز نباتات البيئات الجافة بتكيفات فسيولوجية أو مورفولوجية غير عادية تمكنها من تحمل الظروف الصحراوية القاسية. فنجد أن سيقان العديد من نباتات الجفاف لحمية لأنها تخزن الماء للاستخدام أثناء فترات الجفاف الطويلة. أو تقوم باختزال وتقليل أوراقها كما في الصبار لتقاوم فقدان الماء المفرط؛ وبدلاً من الأوراق تقوم سيقانها بالقيام بالبناء الضوئي. تكيف آخر شائع في البيئات القاحلة هو نباتات (CAM) ، وهو شكل متخصص من التمثيل الضوئي الموجود في العصارة. نظرًا لأن أوراق نباتات CAM تأخذ  $CO_2$  في الليل ، يمكن أن تظل الثغور مغلقة أثناء النهار ، عندما تكون عملية التبخر أعلى.

يتم نقل السكريات من المصادر إلى الأسفل عبر اللحاء:

يمر نقل السكر عبر اللحاء بمرحلتين:

التدفق الكتلّي بالضغط الإيجابي	الانتقال من مصادر السكر إلى مخازن السكر
يولد امتصاص الماء من نسيج الخشب إلى اللحاء ضغط إيجابي داخل عناصر اللحاء	١- السيمبلاست ٢- أبوبلاست ٣- النقل النشط



**Key**  
 Apoplast ابوبلاست  
 Symplast سيمبلاست

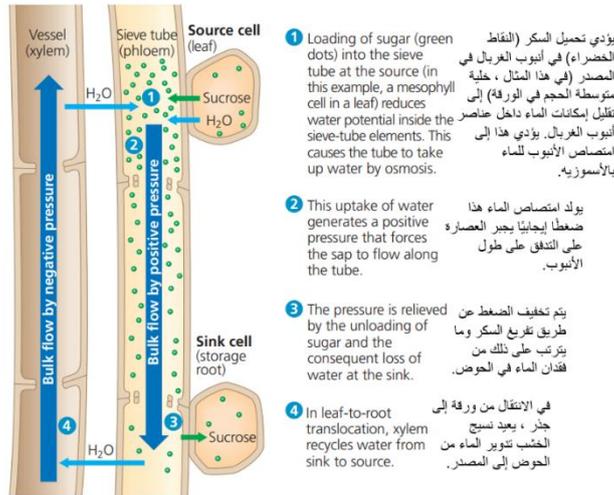
(a) Sucrose manufactured in mesophyll cells can travel via the symplast (blue arrows) to sieve-tube elements. In some species, sucrose exits the symplast near sieve tubes and travels through the apoplast (red arrow). It is then actively accumulated from the apoplast by sieve-tube elements and their companion cells.

يمكن أن ينتقل السكر المصنوع في خلايا النسيج الوسطي عبر سيمبلاست (الأسهم الزرقاء) إلى عناصر أنبوب الغربال. في بعض الأنواع ، يخرج السكر من symplast بالقرب من أنابيب الغربال وينتقل عبر apoplast (السهم الأحمر). ثم يتم تجميعها بشكل نشط من الأبوبلاست بواسطة عناصر أنبوب الغربال والخلايا المرافقة لها.

(b) A chemiosmotic mechanism is responsible for the active transport of sucrose into companion cells and sieve-tube elements. Proton pumps generate an  $H^+$  gradient, which drives sucrose accumulation with the help of a cotransport protein that couples sucrose transport to the diffusion of  $H^+$  back into the cell.

آلية الاسموزية الكيميائية هي المسؤولة عن النقل النشط للسكر إلى الخلايا المرافقة وعناصر الأنبوب الغربالي. تولد مضخات البروتون تدرج في تركيز  $H^+$  ، والذي يحرك تراكم السكر بمساعدة بروتين النقل المشترك الذي يقترن بنقل السكر إلى انتشار  $H^+$  مرة أخرى في الخلية.

شكل 76: آليات النقل في عناصر اللحاء



- 1 Loading of sugar (green dots) into the sieve tube at the source (in this example, a mesophyll cell in a leaf) reduces water potential inside the sieve-tube elements. This causes the tube to take up water by osmosis. يؤدي تحميل السكر (الفاط الخضراء) في أنبوب الغربال في المصدر (في هذا المثال ، خلية متوسطة الحجم في الورقة) إلى تقليل إمكانات الماء داخل عناصر أنبوب الغربال. يؤدي هذا إلى امتصاص الأنبوب للماء بالاسموزية.
- 2 This uptake of water generates a positive pressure that forces the sap to flow along the tube. يولد امتصاص الماء هذا ضغطًا إيجابيًا يجبر العصارة على التدفق على طول الأنبوب.
- 3 The pressure is relieved by the unloading of sugar and the consequent loss of water at the sink. يتم تخفيف الضغط عن طريق تفريغ السكر وما يتربط على ذلك من فقدان الماء في الحوض.
- 4 In leaf-to-root translocation, xylem recycles water from sink to source. في الانتقال من ورقة إلى جذر ، يعيد نسيج الخشب تدوير الماء من الحوض إلى المصدر.

شكل 77: التدفق الكتلّي بالضغط الإيجابي في الأنبوب الغربالي

## الفصل الثالث

### التربة والتغذية في النبات



## التربة نظام بيئي حي ومعقد:

تحتوي الطبقات العليا من التربة ، التي تمتص منها النباتات تقريبًا كل الماء والمعادن التي تحتاجها ، على مجموعة واسعة من الكائنات الحية التي تتفاعل interact مع بعضها البعض ومع البيئة المادية..

## العناصر الأساسية:

تحتوي المواد غير العضوية في النباتات على أكثر من ٥٠ عنصرًا كيميائيًا. عند دراسة التركيب الكيميائي للنباتات ، يجب أن نميز العناصر الضرورية عن تلك الموجودة بشكل بسيط في النبات. يعتبر العنصر الكيميائي عنصرًا أساسيًا فقط إذا كان مطلوبًا للنبات لإكمال دورة حياته والتكاثر.

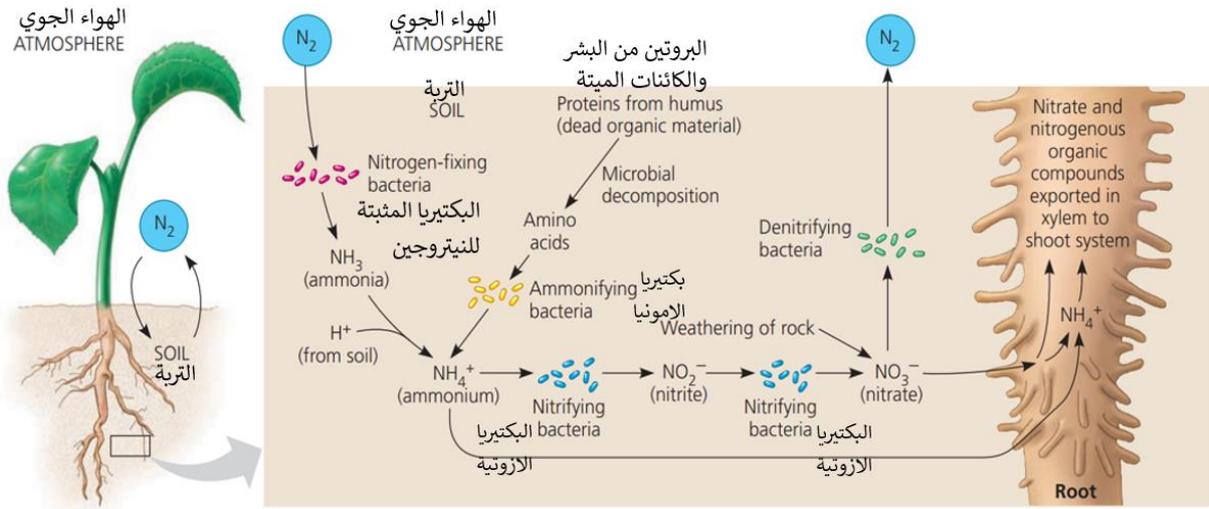
العنصر	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
الاعراض الناتجة عن نقصه	ضعف النمو	ضعف النمو	الذبول وضعف النمو	اصفرار أطراف الاوراق	ضعف الساق والجذور وتبقع الاوراق	تجدد الأوراق الصغيرة وموت البراعم	اصفرار بين العروق في الورقة	ضعف في النمو وسيقان رفيعة	اصفرار في الأوراق الصغيرة

## غالبًا ما تتضمن تغذية النبات علاقات مع الكائنات الحية الأخرى

إلى الان ونحن نتحدث عن النباتات على أنها مستغلة لموارد التربة ، لكن النباتات والتربة لها علاقة ثنائية الاتجاه. حيث توفر النباتات الميتة الكثير من الطاقة التي تحتاجها البكتيريا والفطريات التي تعيش في التربة. أيضا تستفيد العديد من هذه الكائنات من الإفرازات الغنية بالسكر التي تنتجها الجذور الحية. وفي الوقت نفسه ، تستفيد النباتات من ارتباطها ببكتيريا التربة والفطريات

## دور بكتيريا التربة في تغذية النبات بالنتروجين:

يتم توفير الأمونيوم للنباتات عن طريق نوعين من بكتيريا التربة. تلك التي تثبت N<sub>2</sub> في الغلاف الجوي وتسمى البكتيريا المثبتة للنتروجين. وتلك التي تحلل المواد العضوية وتسمى بكتيريا الأمونيا. وبالرغم من ان النباتات تمتص الأمونيوم إلا أنها تمتص بشكل أساسي النترات التي تنتجها البكتيريا الازوتية.



شكل 78: دور بكتيريا التربة في تثبيت النيتروجين

### بكتيريا الجذور

تمر تكوين العقد الجذرية في جذور النباتات بعدة مراحل:

1- تصدر الجذور إشارات كيميائية تجذب البكتيريا ثم تقوم البكتيريا بتحفيز الشعيرات على الاستطالة

وتشكل خيط عدوى عن طريق الغشاء البلازمي

2- خيط العدوى الذي يحتوي على البكتيريا

يخترق قشرة الجذر وتبدأ خلايا القشرة و

البريسكل في الانقسام وتتبرعم الحويصلات

التي تحتوي على البكتيريا إلى خلايا قشرية ثم

تنمو البكتيريا داخل الحويصلات إلى بكتيريا

مثبتة للنيتروجين.

3- يستمر النمو في المناطق المصابة من

القشرة والبريسكل وتندمج هاتان الكتلتان

وتشكلان العقدة

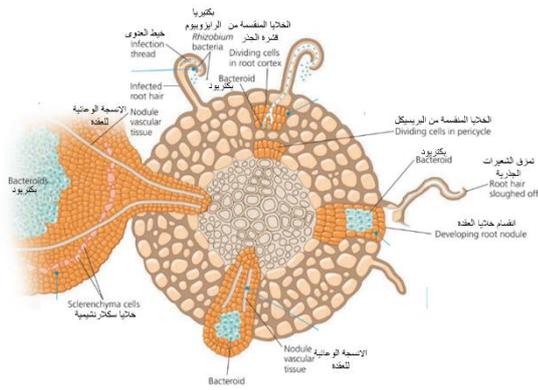
4- تطور العقدة أنسجة وعائية تزود البكتيريا بالمغذيات وتزود الأستوانة الوعائية بالمركبات

النيتروجينية

5- تنمو العقدة لتكون أكبر من قطر الجذر وتكون الخلايا الداخلية متصلبة ومحاطة بمادة

اللجنين التي تقلل من امتصاص الأوكسجين وتساعد على الحفاظ على البيئة اللاهوائية

للبكتيريا.



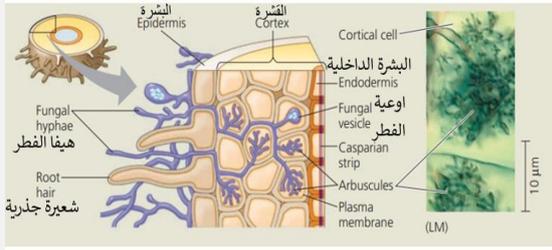
شكل 79: مراحل تكوين العقدة الجذرية

## الفطريات وتغذية النبات

### الفطريات التشجيرية (الداخلية)

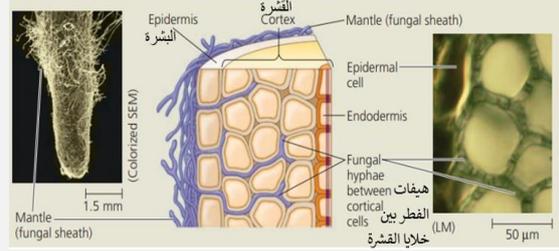
لا يتشكل عباة حول الجذر، لكن هيفا فطرية مجهرية تمتد إلى الجذر. داخل قشرة الجذر، يقوم الفطر باتصال واسع النطاق مع النبات من خلال تفرع خيوط تشكل حويصلات، مما يوفر مساحة سطحية هائلة لتبادل المغذيات. تخترق الهيفا جدران الخلايا، ولكن ليس أغشية البلازما للخلايا

#### داخل القشرة



### الفطريات الخارجية

عباءة الفطريات تغلف الجذر. وتمتد الخيوط الفطرية من الوشاح إلى التربة، وتمتص الماء والمعادن، وخاصة الفوسفور. وتمتد الهيفا أيضا إلى المساحات خارج الخلية لقشرة الجذر، مما يوفر مساحة سطحية واسعة لتبادل المغذيات بين الفطر والنبات المضيف



## طرق أخرى لحصول أنواع من النباتات على غذائها:



- ١- النباتات الهوائية المتسلقة
- ٢- النباتات الطفيلية
- ٣- النباتات آكلة اللحوم

شكل 80: من اليمين النباتات المتطفلة والهوائية وأكلات اللحوم

## الفصل الرابع تكاثر النباتات مغطاة البذور



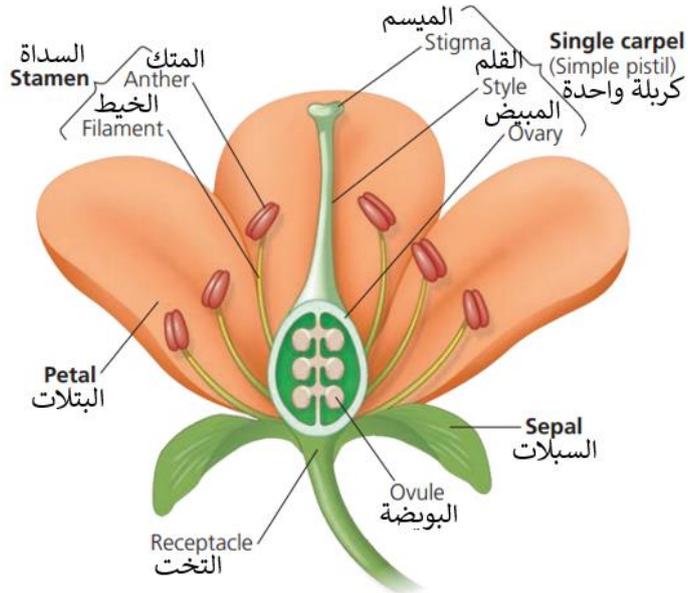
## الأزهار والإخصاب المزدوج والفواكه هي الصفات الرئيسية لدورة حياة النباتات مغطاة البذور:

تتميز دورات حياة جميع النباتات بتبادل الأجيال ، حيث تنتج أجيال متعددة الخلايا أحادية المجموعة الكروموسومية (n) وأجيال متعددة الخلايا ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n) يتناوب بعضها مع بعض.. ينتج عن الإخصاب ، زيجوت ثنائي المجموعة الكروموسومية ، والذي ينقسم عن طريق الانقسام المتساوي ويشكل نبات بوغي جديدًا. في مغطاة البذور ، يكون الطور البوغي هو الجيل السائد فهو أكبر وأكثر وضوحًا وأطول عمرًا من الطور المشيجي. ويمكن تذكر الصفات الرئيسية لدورة حياة كاسيات البذور على أنها "ثلاثة F's"

F lowers, double Fertilization, and Fruits

## تركيب الزهرة ووظيفتها:

تتكون الزهرة، وهي الطور البوغي في مغطاة البذور والمتخصصة في التكاثر الجنسي، عادة من أربعة أنواع من الأعضاء الزهرية الكرابل والأسدية والبتلات والسبلات تحتوي الكرابل على مبيض في قاعدته وعنق طويل نحيف يسمى القلم. ويوجد في الجزء العلوي من القلم تركيب لزج يسمى الميسم التي تلتقط حبوب اللقاح. وتتكون السداة من ساق تسمى الخيط وهيكل طرفي يسمى. داخل المتك توجد غرف تسمى (أكياس حبوب اللقاح) التي تنتج حبوب اللقاح.



شكل 81: تركيب الزهرة النموذجية

## طرق التلقيح

### التلقيح بواسطة النحل



تكون الازهار ذات الوان ورائحة جذابة

### التلقيح بواسطة الرياح



تكون الكريلة كبيرة والمياسم ريشية

تحتوي الزهرة على سداة كبيرة تنتج سحابة كبيرة من حبوب اللقاح

### التلقيح بواسطة الخفافيش



الزهور الملقحة بالخفافيش تكون ذات لون فاتح و عطرية

### التلقيح بواسطة الفراشات والعث



تكون الازهار ذات الوان يمكن تمييزها في الظلام ولها رائحة عطرية

### التلقيح بواسطة الطيور



تكون الازهار كبيرة ولامعة وذات رائحة قليلة وتلتحم البتلات لتشكل أنبوب يتناسب مع منقار الطائر

### التلقيح بواسطة الذباب

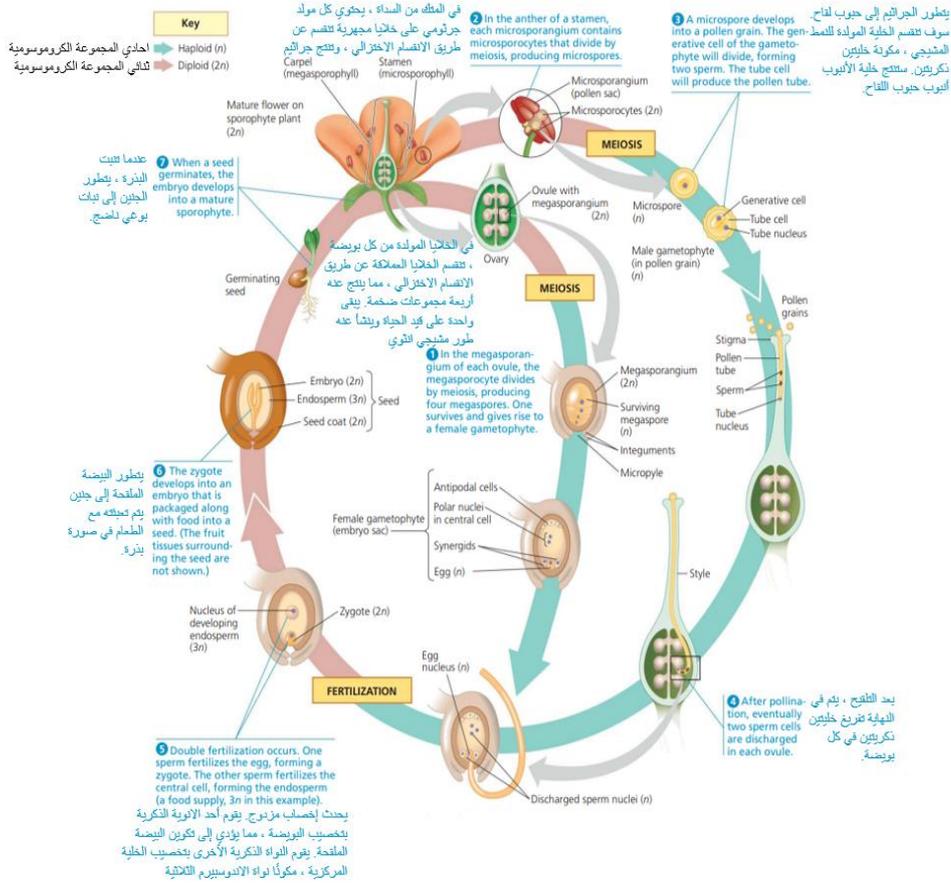


ضاربة إلى الحمرة ولحمية ، ولها رائحة مثل اللحم الفاسد

## دورة حياة كاسيات البذور:

التلقيح ما هو إلا خطوة أولى في دورة حياة مغطاة البذور. يقدم (الشكل التالي) نظرة عامة كاملة عن دورة الحياة life cycle ، مع التركيز على نمو الطور المشيجي ، وتوصيل نواة حبوب اللقاح عن

طريق أنابيب حبوب اللقاح ، والإخصاب المزدوج ، ونمو البذور . على مدار تطور النبات البذري ، تقلص حجم الطور المشيجي ( الزهرة) وأصبح يعتمد كلياً على النبات البوغي للحصول على العناصر الغذائية. و يعد الطور المشيجي في مغطاة البذور هي الأكثر اختزالاً بين جميع النباتات ، ويتكون من عدد قليل فقط من الخلايا: فهي مجهرية ، ومغطاة بالأنسجة الواقية. من أجل التبسيط ، تظهر هنا في الرسم زهرة بها كربلة واحد (ميسم بسيط). ولكن في الحقيقة العديد من الأنواع لها العديد من الكرابل ، إما منفصلة أو مدمجة.



شكل 82: دورة حياة كاسيات البذور

## نمو البذور وتركيبها:

تمر تكوين البذور بثلاث مراحل:

### 1- نمو الاندوسبيرم

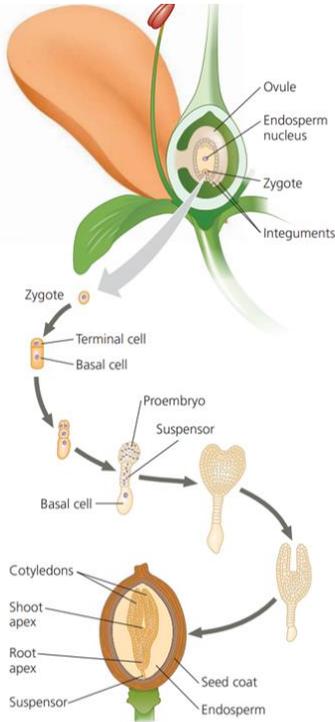
ينمو الاندوسبيرم عادة قبل الجنين. بعد الإخصاب المزدوج ، تنقسم النواة ثلاثية المجموعة الكروموسومية للخلية المركزية للبويضة ، وتشكل "خلية فائقة" supercell متعددة النوى ذات قوام حليبي. هذه الكتلة السائلة التي تسمى الاندوسبيرم ، تصبح عديدة الخلايا عندما يقسم السيتوبلازم الخلية عن طريق تكوين أغشية تفصل بين الأنوية. وفي النهاية ، تنتج هذه الخلايا "العارية" جدرانًا خلوية ، ويصبح الاندوسبيرم صلبًا

## ٢- نمو الأجنة.

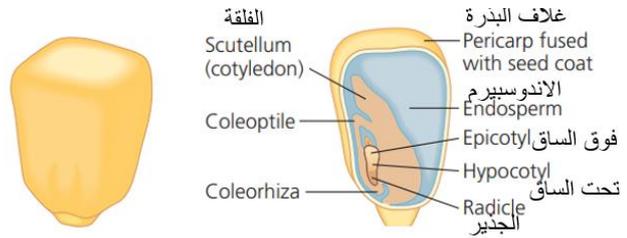
بحلول الوقت الذي تصبح فيه البويضة بذرة ناضجة وتتصلب المكونات في غلاف البذرة يكون الزيجوت قد أدى إلى ظهور نبات جنيني بأعضاء ابتدائية.

## ٣- البذرة الناضجة

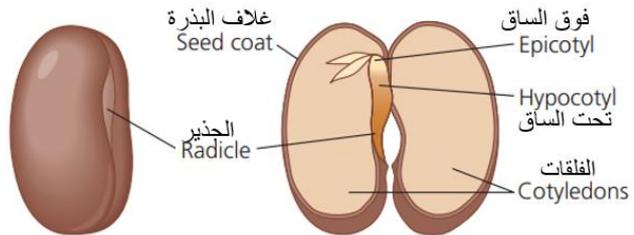
خلال مراحل النضج الأخيرة ، تجف البذور حتى يصبح محتواها المائي حوالي ٥-١٥٪ فقط من وزنها و يدخل الجنين ، الذي يحيط به المصدر الغذائي (الفلقات أو الاندوسبيرم أو كليهما) ، في الكمون ؛ وهذا يعني أنه يتوقف عن النمو ويكاد الأيض يتوقف



شكل 83: نمو الاجنة في بذور النباتات



شكل 84: تركيب البذرة الناضجة في ذوات الفلقة

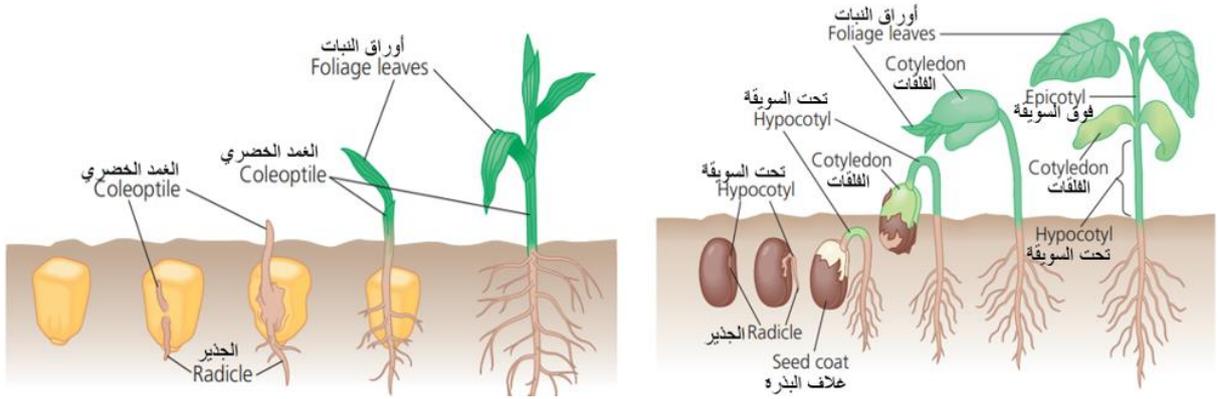


شكل 85: تركيب البذرة الناضجة في ذوات الفلقتين

## إنبات البذور:

عندما تكون الظروف البيئية مواتية للنمو، يتم كسر الكمون في البذور ويستمر الإنبات يتبع الإنبات نمو السيقان والأوراق والجذور، وفي النهاية الإزهار.

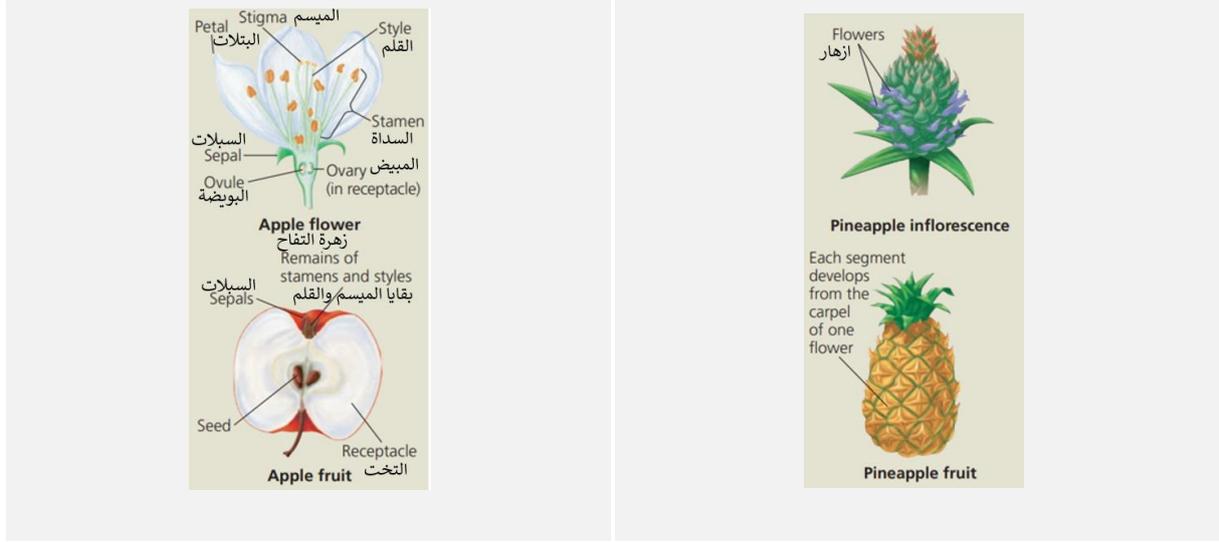
الإنبات في الذرة	الإنبات في الفاصوليا
في الذرة والأعشاب الأخرى تنمو النبتة بشكل مستقيم عبر أنبوب الغمد الخضري	في نبات الفاصوليا يؤدي استقامة خطاف السويقة إلى سحب الفلقات من التربة



شكل 86: مراحل إنبات البذور في ذوات الفلقتين والفلقة

## تركيب الفاكهة ووظيفتها:

الثمرة المجمعة	الثمرة البسيطة
تتجمع من زهرة واحدة تحتوي على أكثر من كربلة منفصلة، كل منها يشكل ثمرة صغيرة	هي التي تشتق من كربلة واحد أو عدة كربلات مدمجة
الثمرة الملحقة	الثمرة المركبة
تساهم أجزاء نباتية أخرى في تكوين الثمرة. تسمى هذه الثمرة بالثمرة الملحقة	تنشأ من النورة، وهي مجموعة من الأزهار متجمعة معًا بإحكام



## انتشار الثمار والبذور:

### الانتشار عن طريق الرياح

تتحرك بذرة نبات البطيخ المتسلق الآسيوي الاستوائي في الهواء داخل الغابات المطيرة في دوائر واسعة عند تحررها من النبات  
بعض البذور والثمار تكون ملتصقة ببنية تشبه المظلة مصنوعة من شعيرات متفرعة بشكل معقد،  
تنخلع نباتات الحشائش البرية من جذورها وتدور في الرياح عبر الأرض، مُنتشرة بذورها في كل مكان  
تتأرجح ثمار شجرة السرو ذات الأجنحة في الهواء مثل المروحية، مما يبطئ نزولها ويزيد من احتمالية  
حملها مسافة أبعد بفعل الرياح الأفقية.

### الانتشار عن طريق الماء

بعض البذور والثمار الخفيفة الوزن قادرة على البقاء في البحر لعدة أشهر أو سنوات. في جوز الهند،  
يوجد الجنين والبُشر اللحمي الأبيض (النخاع) داخل طبقة خارجية صلبة، والتي بدورها مغلقة بقشرة  
خارجية سميكة وخشنة وذات قدرة عالية على الطفو.

### الانتشار عن طريق الحيوانات

تتميز ثمار نبات التريبيلوس برأسها الشائك الحاد الذي يشبه الإبر، ويمكن لهذا الشوك أن يسبب إصابات  
للحيوانات، بما في ذلك الإنسان. وعندما يتم إزالة هذه الشوكات المؤلمة، تنتشر البذور في البيئة.  
بعض الحيوانات، مثل السناجب، تخزن البذور أو الثمار في مخازن تحت الأرض. وإذا مات الحيوان أو  
نسى مكان المخزن، فإن هذه البذور تكون في وضع مثالي للإنبات



شكل 89: نباتات الحشائش الصحراوية



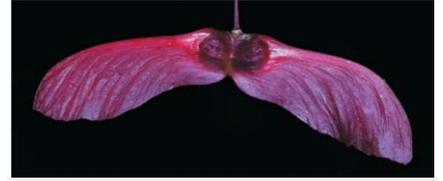
شكل 88: بذور تشبه المظلة



شكل 87: بذور نبات البطيخ المتسلق



شكل 91: ثمار نبات التريلوس



شكل 90: ثمار شجرة السرو

## الفصل الخامس

### استجابات النبات للإشارات



## تساعد الهرمونات النباتية في تنسيق النمو والتكوين والاستجابة للمنبهات:

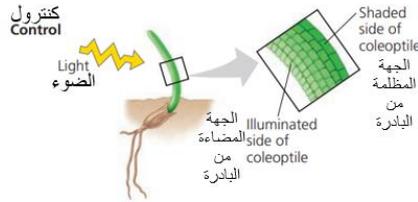
- الهرمون، بالمعنى الأصلي للمصطلح، هو جزيء إشارة يتم إنتاجه بتركيزات منخفضة بواسطة جزء واحد من جسم الكائن الحي وينتقل إلى أجزاء أخرى، حيث يرتبط بمستقبل معين ويطلق استجابات في الخلايا والأنسجة المستهدفة.

## دراسة الهرمونات النباتية:

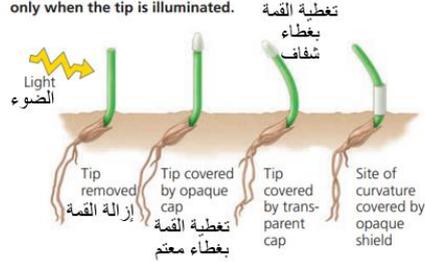
الهرمونات النباتية الرئيسية هي، الأوكسين، والسيتوكينين، والجبرلين، وحمض الأبسيسيك، والإيثيلين، والبراسينوستيرويدات، والجاسمونات، والستريجولاكتون.

## الأوكسين:

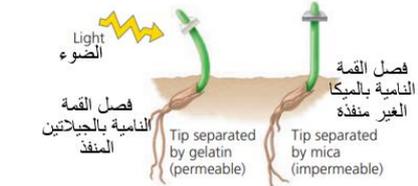
- 1- تجربة العالم داروين وابنه فرانسيس
- 2- دور الأوكسين في استطالة الخلية
- 3- دور الأوكسين في نمو الخلايا



تجربة داروين يحدث الانحناء عندما يتعرض طرف البادرة للضوء  
Darwin and Darwin: Phototropism occurs only when the tip is illuminated.



Boysen-Jensen: Phototropism occurs when the tip is separated by a permeable barrier but not an impermeable barrier.



شكل 92: تجربة توضح أن انحناء السويقة نحو الضوء يعتمد على القمة النامية، وأن الإشارة المسؤولة تنتقل منها عبر مادة نافذة فقط.

## السيتوكينين: Cytokinins

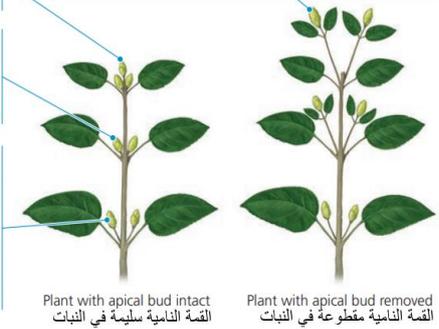
1. التحكم في انقسام الخلايا وتمايزها
2. التحكم في سيادة القمة النامية
3. تأثير مكافحة الشيخوخة

إزالة القمة النامية تسمح للبراعم المتبقية بتلقي المزيد من السكريات للنمو. تتخلف أيضاً مستويات أوكسين وستريجولاكتون، خاصة بالقرب من سطح القطع. يسمح هذا الانخفاض للبراعم الجانبية العليا على وجه الخصوص بالنمو وإن تصبح هي القمة النامية الجديدة.

Removal of the apical bud allows remaining buds to receive more sugars for growth. Auxin and strigolactone levels also decline, particularly near the cut surface. This decline allows the topmost axillary buds in particular to grow and take over as the new apical bud.

The apical bud is a preferred sugar sink and a major site of auxin biosynthesis. Auxin moving downward from the apical bud produces strigolactones that repress the growth of axillary buds. Cytokinin coming from the root antagonizes the actions of auxin and strigolactone, allowing for a limited amount of axillary bud growth. Therefore, the axillary buds farthest from the apex are increasingly elongated.

القمة النامية هي حوض سكر مفضل وموقع رئيسي لتخليق الأوكسين الحيوي. الأوكسين الذي يتحرك إلى أسفل من البرعم القمي ينتج ستريجولاكتون يثبط نمو البراعم الجانبية. السيتوكينين القادم من الجذر يعادي عمل الأوكسين والستريجولاكتون، مما يسمح بحدود نمو البرعم الجانبية. لذلك، يتم استطالة البراعم الجانبية الأبعد عن القمة بشكل متزايد.



شكل 93: تأثير سيادة القمة النامية عند إزالة القمة النامية.

بعد أن تمتص البذرة الماء ، يطلق الجنين الجبرلين (GA) ، الذي يرسل إشارة إلى aleurone ، الطبقة الخارجية الرقيقة من الإندوسبيرم.

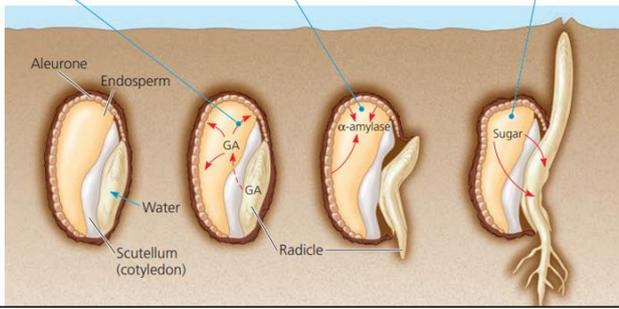
1 After a seed imbibes water, the embryo releases gibberellin (GA), which sends a signal to the aleurone, the thin outer layer of the endosperm.

يستجيب aleurone لـ GA عن طريق تخليق وإفراز الإنزيمات الهاضمة التي تحلل العناصر الغذائية المخزنة في الإندوسبيرم. أحد الأمثلة على ذلك هو  $\alpha$ -amylase ، الذي يحلل النشا.

2 The aleurone responds to GA by synthesizing and secreting digestive enzymes that hydrolyze nutrients stored in the endosperm. One example is  $\alpha$ -amylase, which hydrolyzes starch.

السكريات والمواد المغذية الأخرى التي يمتصها القشرة من الإندوسبيرم يتم استهلاكها أثناء نمو الجنين إلى الشتلات.

3 Sugars and other nutrients absorbed from the endosperm by the scutellum (cotyledon) are consumed during growth of the embryo into a seedling.



شكل 95: تجميع العناصر الغذائية بواسطة الجبرلين أثناء إنبات بذور الحبوب



شكل 94: تأثير الجبرلين على استضافة الساق ونمو الثمار

## الجبرلينات:

- 1- استطالة الساق
- 2- نمو الفاكهة
- 3- الإنبات

## حمض الأبسيسيك

- 1- كمون البذور
- 2- تحمل الجفاف

## الإيثيلين:

- 1- الاستجابة الثلاثية للإجهاد الميكانيكي
- 2- الشيخوخة
- 3- انفصال الأوراق
- 4- نضج الثمار

## المزيد من الهرمونات النباتية المكتشفة مؤخرا

- 1- براسينوسترويدات
- 2- جاسموناتس
- 3- ستريجولاكتونز

## تدريبات

1

أي مما يلي يقترن بشكل صحيح بهيكله ووظيفته؟

- |   |  |
|---|--|
| A | السكلارنشيمية - خلايا دعامية ذات جدران ثانوية سميكة.                                     |
| B | النسيج الأرضي - طبقة واقية من السيقان والجذور الخشبية.                                   |
| C | خلايا حارسة - حلقة مقاومة للماء من الخلايا المحيطة بالأسطوانة الوعائية لمركزية في الجذور |
| D | البشرة الخارجية - خلايا برنشيمية تعمل في عملية التمثيل الضوئي في الأوراق.                |

2

أي مما يلي هو التسلسل الصحيح للمناطق في النمو الأولي للجذر، متحركاً من غطاء الجذر إلى الداخل؟

- |   |   |
|---|---|
| A | منطقة انقسام الخلية، منطقة الاستطالة، منطقة التمايز |
| B | منطقة التمايز، منطقة الاستطالة، منطقة انقسام الخلية |
| C | منطقة الاستطالة، منطقة انقسام الخلية، منطقة التمايز |
| D | منطقة انقسام الخلية، منطقة التمايز، منطقة الاستطالة |

3

عروق الأوراق \_\_\_\_\_.

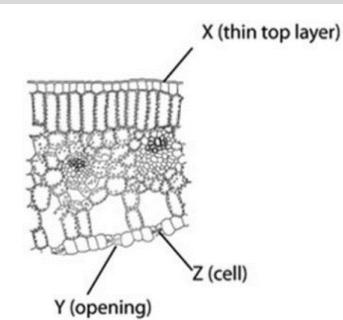
(I) يتكون من نسيج الخشب واللحاء

(II) مستمرة، مع حزم وعائية في الساق والجذور

(III) متفرعة بدقة لتكون على اتصال وثيق بخلايا التمثيل الضوئي

A	B	C	D
only I	only II	only III	I, II, and III

4



الوظيفة الرئيسية المرتبطة بالهيكل X هي \_\_\_\_\_.

- |   |                           |
|---|---------------------------|
| A | امتصاص ثاني أكسيد الكربون |
| B | لاحتفاظ بالماء            |

C	تجميع الضوء		
D	اطلاق ثاني أكسيد الكربون		
<b>5</b>			
أي مما يلي من المحتمل أن يكون أقل تأثيراً على التناضح في النباتات؟			
A	اختلاف في تركيزات المادة المذابة.		
B	المستقبلات البروتينية في الغشاء.		
C	اكوابورينات.		
D	فرق الجهد المائي		
<b>6</b>			
إذا تم وضع خلايا نباتية معزولة ذات جهد مائي متوسطها -0,5 ميغا باسكال في محلول بجهد مائي قدره - 0,3 ميغا باسكال ، فأَي مما يلي سيكون النتيجة الأكثر ترجيحاً؟			
A	ستزداد جهد ضغط الخلايا.		
B	سيتحرك الماء خارج الخلايا.		
C	ستتمزق جدران الخلية وتقتل الخلايا.		
D	ستنتقل المادة المذابة خارج الخلايا.		
<b>7</b>			
رتب الأحداث الخمسة التالية بترتيب يشرح التدفق الكتلي للمواد في اللحاء.			
1. ينتشر الماء في الأنابيب الغربالية.			
2. تنتج خلايا الورقة السكر عن طريق التمثيل الضوئي.			
3. يتم نقل المواد المذابة بالنقل النشط إلى الأنابيب الغربالية.			
4. يتم نقل السكر من خلية إلى أخرى في الورقة.			
5. يتحرك السكر أسفل الساق.			
A	B	C	D
1, 2, 3, 4, 5	2, 4, 3, 1, 5	4, 2, 1, 3, 5	2, 4, 1, 3, 5
<b>8</b>			
تم العثور على قيمة $\Psi$ في أنسجة الجذر لتكون -0.15- ميغا باسكال. إذا أخذت نسيج الجذر ووضعت في محلول 0.1M من السكر ( $\Psi = -0.23$ ميغا باسكال) ، فإن صافي تدفق المياه _____.			
A	يكون من الأنسجة إلى محلول السكر		
B	يكون من محلول السكر في الأنسجة.		

C	في كلا الاتجاهين ، وسيظل تركيز الماء متساويًا
D	يستحيل تحديده من القيم الواردة هنا.

9

إذا كان المبيض يحتوي على 50 بويضة ، فما هو الحد الأدنى لعدد حبوب اللقاح التي يجب أن تهبط لتكوين 50 بذرة ناضجة؟

A	B	C	D
25	50	100	500

10

أي مما يلي هو الفرق الأساسي بين ectomycorrhizae و endomycorrhizae؟

A	تتميز Endomycorrhizae بخيوط أكثر سمكًا وأقصر من ectomycorrhizae.
B	لا تخترق Ectomycorrhizae الخلايا الجذرية ، بينما تنمو endomycorrhizae لتتحول إلى غزوات لأغشية الخلايا الجذرية.
C	Endomycorrhizae أكثر شيوعًا من ectomycorrhizae.
D	لا توجد فروق ذات أهمية بين ectomycorrhizae و endomycorrhizae.

11

بعض الأنواع ثنائية الفلقة لها النمط الجيني XY للذكور و XX للإناث. بعد الإخصاب المزدوج ، ما هي الأنماط الجينية للأجنة ونواة الاندوسبيرم؟

A	الجنين XY / الاندوسبيرم XXX أو الجنين XX / الاندوسبيرم XXY
B	الجنين XX / الاندوسبيرم XX أو الجنين XY / الاندوسبيرم XY
C	الجنين XX / الاندوسبيرم XXX أو الجنين XY / الاندوسبيرم XYY
D	الجنين XX / الاندوسبيرم XXX أو الجنين XY / الاندوسبيرم XXY

12

ما هي التكيفات التي يجب أن يتوقعها المرء من غلاف البذور لأنواع كاسيات البذور التي تتوزع بذورها بواسطة حيوانات آكلة للفاكهة ، على عكس أنواع كاسيات البذور التي تتوزع بذورها بوسائل أخرى؟

1. يجب أن يحتوي الجزء الخارجي من غلاف البذرة على أشواك أو خطافات.
2. يجب أن يحتوي غلاف البذرة على مركبات ثانوية تهيج بطانة فم الحيوان.
3. يجب أن يكون غلاف البذور قادرًا على تحمل الأس الهيدروجيني المنخفض.
4. يجب أن يوفر غلاف البذرة ، بعد هضمها الكامل ، الفيتامينات أو العناصر الغذائية للحيوانات.
5. يجب أن يكون غلاف البذرة مقاومًا للإنزيمات الهاضمة للحيوانات

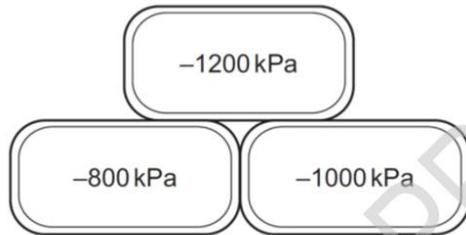
A	B	C	D
4 only	1 and 2	3 and 5	3, 4, and 5
<b>13</b>			
أي من الآليات التالية هي التسلسل الصحيح للأحداث التي تحدث أثناء استجابات النبات للإشارات الداخلية والخارجية؟			
A	التحويل والاستقبال والاستجابة		
B	الاستقبال والتحويل		
C	الاستقبال والتحويل والاستجابة		
D	الاستقبال والاستجابة		
<b>14</b>			
تنتج الهرمونات النباتية آثارها بواسطة _____.			
I. تغيير تعبير الجينات			
II. تعديل نفاذية غشاء البلازما			
III. تعديل هيكل غشاء الغلاف النووي			
A	B	C	D
only I	only II	only III	only I and II

### مفاتيح إجابة التدريبات

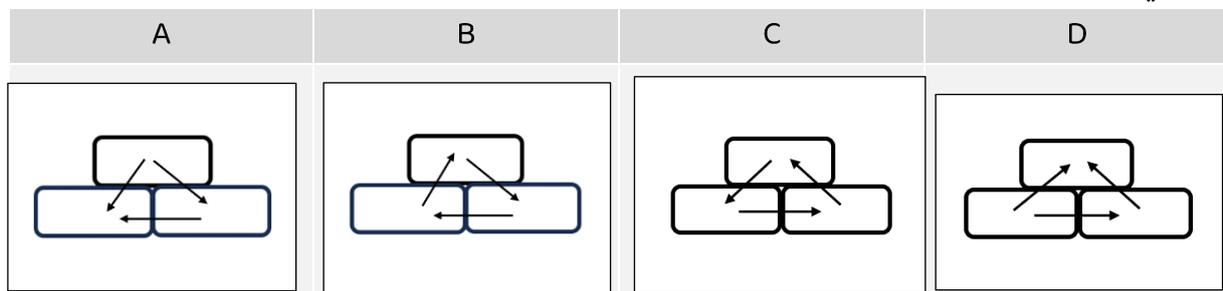
1	A	8	A
2	A	9	B
3	D	10	C
4	C	11	D
5	B	12	C
6	A	13	C
7	B	14	D

الاختبار التجريبي

١- يوضح الرسم التخطيطي القدرة المائية لثلاث خلايا نباتية متجاورة (قدرة الماء للمياه النقية هي 0).



حدّد أي من الأشكال التالية يمثل اتجاه حركة الماء بسبب الاسموزية مرسومًا بشكل صحيح؟



٢- في يوم صيفي دافئ، يكون سحب النتح هو القوة الرئيسية التي تدفع الماء من برنشيمة الجذر إلى نسيج الخشب الجذري. يوضح الجدول قيم  $\Psi_p$  (قدرة الضغط) و  $\Psi_s$  (قدرة المذاب) في نسيج الجذر و برنشيمة الجذر، بـ kPa.

في أي من الخيارات التالية قد يؤدي سحب النتح إلى انتقال الماء من النسيج الجذري إلى نسيج الخشب الجذري؟

	Root parenchyma		Root xylem	
	$\Psi_p$	$\Psi_s$	$\Psi_p$	$\Psi_s$
A	200	-190	-200	5
B	-200	220	65	-5
C	200	-220	65	-5
D	200	-220	-65	-5

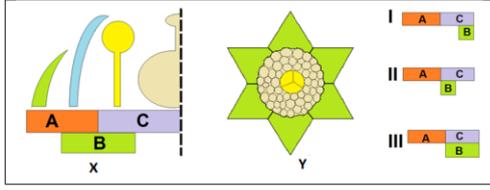
٣- تعتمد البذور على اليات انتشار مختلفة حدد خصائص البذور المحتملة. تعتمد البذرة الاولى على الانتشار بواسطة الرياح والثانية على الانتشار عن طريق الحيوانات المجترّة..

بذور تنتشر بالرياح	بذور تنتشر عن طريق الحيوانات المجتررة	
بذور صلبة بغلاف خشبي	محاطة بريش حلزوني خفيف	A
بذرة صغيرة كثيفة في الغطاء الباليستي تحت الضغط	محاطة بالعديد من الشعيرات الدقيقة	B
بذور مغطاة بطبقة كثيفة مقاومة للحريق Auxin	فاكهة لحمية تغطي بذور صغيرة	C
لها اجنحة دوران صغيرة	الثمار ملونه وبها بذور صلبة	D

٤- تعرف الأنسجة النباتية التي يحدث فيها تثبيت الكربون باسم "المصدر". يتم بعد ذلك نقل المنتج (المنتجات) المتكونة إلى أجزاء مختلفة من النبات لمزيد من استخدامه أو تخزينه، وهو ما يُعرف باسم "الحوض".

أيّ من الخيارات التالية يمكن تصنيفه كـ "مصدر (P)" و"حوض (Q)"؟

Q	P	
خلايا اللحاء في الجذر	البشرة الداخلية للجذر	A
المنطقة المرستيمية للجذر الاستيعابي	منطقة البشرة من الجذر الاستيعابي	B
خلايا اللحاء الجذرية	الخلايا البرنشيمية لدرنه البنجر	C
نسيج اللحاء من ورقة خضراء مجاورة	نسيج الخشب من ورقة خضراء	d



X	ABC - model
Y	Lacandonia flower

٥- يشرح نموذج ABC لتطور الزهرة تنظيم التمايز الزهري في مرستيم الأزهار.

هناك ثلاث مجموعات من الجينات الرئيسية، الجينات A و B و C، تحدد كل منها نوع الدائرة:

• تحتاج السبلات فقط إلى تعبير جيني A.

• تحتاج البتلات إلى التعبير المتزامن عن الجينات A و B.

• تحتاج الأسدية إلى التعبير المتزامن عن الجينات B و C.

• تحتاج الكرابل فقط إلى التعبير الجيني C.

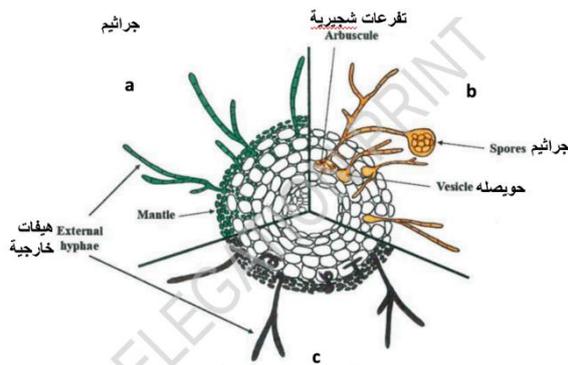
يحتوي النبات الأمريكي الاستوائي، *Lacandonia schismatica*، على أزهار مقلوبة (انظر الشكل)، مع الأسدية الموجودة في مركز الزهرة، والكرابل الفردية الموجودة بين البتلات والاسدية

	Statements	T or F
1	يمكن تفسير مورفولوجيا زهرة <i>Lacandonia schismatica</i> من خلال نمط التعبير الجيني I	
2	لن تحتوي أزهار <i>Lacandonia schismatica</i> على بتلات ولا كرابل، إذا اتبعت الزهور نمط التعبير الجيني II	
3	في زهور <i>Lacandonia schismatica</i> التركيب الزهري الوحيد الذي سيكون مفقود، إذا اتبعت نمط التعبير III، هي البتلة	
4	البتلات التي تشبه السبلات تحتاج فقط التعبير الجيني A لـ	

6- توضح الصورة ادناه خطوات انهيار اوعية الخشب في النباتات . ما التفسير الصحيح لحدوث مثل هذا الانهيار:



A	deficient in lignin on cell walls.	فشل ترسيب مادة اللجنين على جدران الخلايا
B	Increasing the concentration of solutes in xylem sap	زيادة تركيز المادة المذابة في عصارة الخشب
C	Shifting the transmission mechanism from negative pressure to positive pressure	تحول الية النقل من الضغط السلبي الى الضغط الايجابي
D	Many water bubbles collect inside xylem vessels	تجمع العديد من الفقاعات المائية داخل اوعية الخشب



7- تُظهر الصورة التخطيطية التالية القطع العرضي للجذر الذي يُظهر التعايش مع 3 مجموعات مختلفة من الكائنات الحية (a, b, and c).

باستخدام الصورة التخطيطية، حدد ما إذا كانت العبارات التالية صحيحة T أم خاطئة F.

	Statement	T or F
A	الرسم البياني (a) يظهر الفطريات الخارجية.	
B	الرسم البياني (b) يظهر الفطريات الداخلية.	

C	الرسم البياني (c) يظهر فطر داخلي -خارجي.	
D	يشير أحد المخططات إلى التكافل بين البكتيريا المثبتة للنيتروجين والنباتات .	

٨- تحتوي العديد من النباتات المتسلقة على محلاق، وهو عضو يشبه الخيط متخصص في الالتفاف أو التثبيت بالدعم. في حين أن المحلاق عبارة عن أوراق معدلة عادة، فإن بعض المحلاق عبارة عن سيقان معدلة، والتي يمكن تمييزها عن طريق الفحص المورفولوجي. بالنسبة لعينة المحلاق، أجب عن أي من الملاحظات التالية هي الأكثر إفادة للحكم على ما إذا كانت ورقة معدلة أم ساقاً معدلة. ضع true or false في المربع المناسب



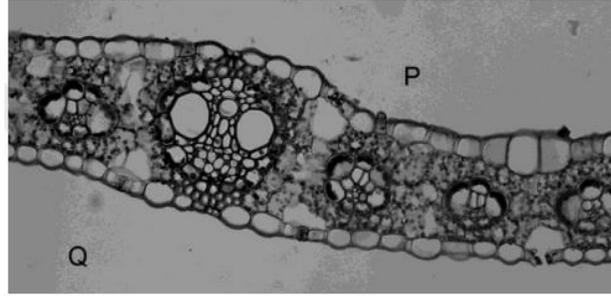
*Vicia sativa*



*Cayratia japonica*

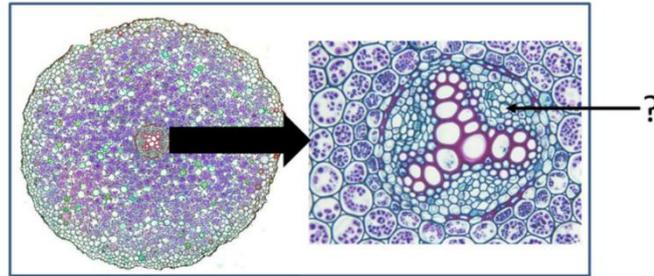
1	مراقبة السطح لفحص وجود/غياب الثغور	
2	مراقبة السطح لفحص سمك طبقة الشمع الجلدية	
3	مراقبة السطح لفحص شكل خلايا البشرة	
4	مراقبة المقطع العرضي لفحص الترتيب الموضعي للنسيج واللحاء	
5	مراقبة الأنسجة الداخلية لفحص وجود/عدم وجود البلاستيدات الخضراء المتطورة	

٩- - وجد علي شريحة زجاجية محفوظة في خزانه قديمة في مختبر مدرسته. وبسبب تلف أحد أطرافها، كان المصق غير مكتمل، ولم يستطع قراءة سوى عبارة "قطع عرضي ل..." بدأ بملاحظة الشريحة تحت المجهر، وشاهد التركيب كما هو موضح في الصورة.



i	إنه قطع عرضي لورقة نبات مائي عائم.			
ii	يمكن اعتبار المنطقة الموضحة بالحرف "P" هي السطح العلوي للورقة.			
iii	من المرجح أن يكون هذا النبات أحادي الفلقة.			
iv	إذا جفت المياه، فإن الورقة ستتلف نحو الأسفل باتجاه "Q".			
v	لا يوجد في هذه الورقة عرق مركزي بارز.			
	A	B	C	D
	. ii only	i and iv	ii and iii	iii, iv and v

١٠- يوضح الشكل التالي مقطعًا عرضيًا لجذر الحوذان يصف تنظيم الأنسجة الأولية في الجذور الصغيرة. يمثل مقطع الجذر هذا النمط الأساسي لتنظيم الجذر. ما اسم نسيج الجذر المشار إليه بعلامة الاستفهام؟



Cross section of the root of *Ranunculus* (buttercup).

A	B	C	D
اللحاء Phloem	القشرة Cortex	الخشب Xylem	البشرة Endodermis الداخلية

### مفاتيح إجابة الاختبار

1	D				
2	D				
3	D				
4	B				
5	T	F	F	T	
6	A				
7	T	T	T	F	
8	F	F	F	T	F
9	C				
10	A				

## المراجع العامة للحقيبة

- ريفس، ب. هـ، جونسون، ج. ب.، لوسوس، ج. ب.، ماسون، ك. أ.، و سنجر، س. ر. (تاريخ غير مذكور). علم الأحياء (ترجمة سلسلة الكتب الجامعية المترجمة للعلوم الأساسية). العبيكان للنشر، وزارة التعليم العالي.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2020). Biology (12th ed.). Pearson Education.

# كيمياء

## فهرس الموضوعات

الصفحات	المكونات	الموضوع	م
3 - 11	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stoichiometry Calculations حسابات المعادلات الكيميائية</li> <li>المعلومات التي يمكن الحصول عليها من المعادلة الكيميائية</li> <li>Information That Can Be Obtained from a Chemical Equation</li> <li>حسابات عدد المولات لمادة بمعلومية مولات مادة أخرى</li> <li>Calculating the number of moles of a substance given the moles of another substance</li> <li>Limiting Reactant المادة المحددة للتفاعل</li> <li>Percent Yield نسبة المردود المئوية</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>المعادلات والحسابات الكيميائية</li> <li>Chemical Equations and Stoichiometry</li> </ul>	4
12-30	<ul style="list-style-type: none"> <li>The Kinetic-Molecular Theory نظرية الحركة الجزيئية</li> <li>General Properties of Gases الخواص العامة للغازات</li> <li>Graham's Law قانون جراهام</li> <li>Measuring Atmospheric Pressure قياس الضغط الجوي</li> <li>The Gas Laws قوانين الغازات</li> <li>The Combined Gas Law القانون العام للغازات</li> <li>Avogadro's Law قانون أفوجادرو</li> <li>The Ideal Gas Law قانون الغاز المثالي</li> <li>Dalton's law of partial pressures قانون دالتون للضغوط الجزئية</li> <li>Collecting Gases over Water جمع الغازات فوق الماء</li> <li>Gas Stoichiometry الحسابات المتعلقة بالغازات</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>الغازات</li> <li>Gases</li> </ul>	5
31-45	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intermolecular forces القوى بين الجزيئات</li> <li>Properties of Liquids خواص السوائل</li> <li>Solids المواد الصلبة</li> <li>Mixtures &amp; Solutions المخاليط والمحاليل</li> <li>Factors Affecting Solvation العوامل المؤثرة في الذوبان</li> <li>Solution Concentration تركيز المحلول</li> <li>Colligative Properties of Solutions الخواص الجامعة للمحاليل</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>السوائل والمواد الصلبة</li> <li>Liquids and solids</li> </ul>	6

Stoichiometry Calculations

حسابات المعادلات الكيميائية

يمكن الاستفادة من المعادلة الكيميائية في إجراء الحسابات الخاصة بكميات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة، وذلك لما تمتاز به المعادلة الكيميائية في أنها تعبير واضح للدلالة عن عدد الذرات أو الجزيئات المتفاعلة أو الناتجة في تفاعل كيميائي معين، فعلى سبيل المثال، يوضح التفاعل التالي:

A chemical equation can be used to calculate the quantities of reactants and products. This is because a chemical equation clearly expresses the number of atoms or molecules reacting or producing in a particular chemical reaction. For example, the following reaction:



أن تفاعل ذرة نحاس واحدة مع جزيئين من حمض الكبريتيك يؤدي إلى تكون جزيء واحد من ثاني أكسيد الكبريت وجزيئين ماء وجزيء واحد من كبريتات النحاس. إلا أن قراءة المعادلة السابقة بالصورة المذكورة وعلى الرغم من صحتها هي قراءة غير محبذة؛ لأنه من المعلوم أنه من الناحية العملية لا يمكن التمكن من الحصول على ذرة نحاس واحدة وجزيئين من حمض الكبريت إضافة إلى إمكانية قراءتها بصورة صحيحة تمتاز عن الصورة السابقة بقربها من الواقع العملي، لذلك، من الأدق والأقرب إلى الواقع أن نعبر عن التفاعل باستخدام المولات، فنقول: إن تفاعل (مول واحد) من ذرات النحاس مع (مولين) من جزيئات حمض الكبريت يؤدي إلى الحصول على (مول واحد) من جزيئات ثاني أكسيد الكبريت و(مولين) من جزيئات الماء و (مول واحد) من جزيئات كبريتات النحاس.

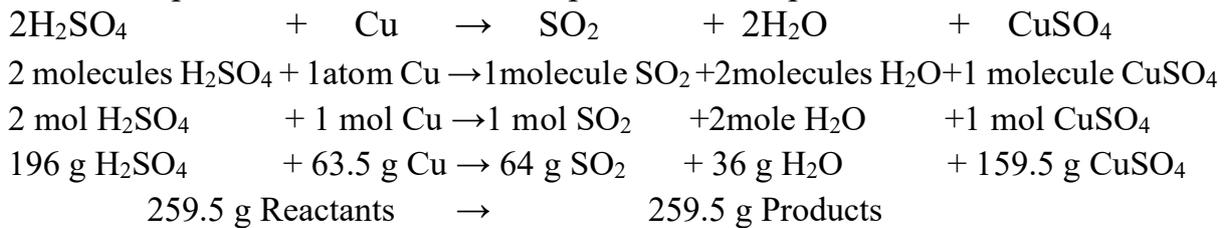
It shows that the reaction of one copper atom with two molecules of sulfuric acid produces one molecule of sulfur dioxide, two molecules of water, and one molecule of copper sulfate. However, reading the equation in this literal manner although technically correct is not preferable, because in practice it is impossible to obtain exactly one copper atom and two molecules of sulfuric acid.

A more appropriate and practically meaningful interpretation is to express the reaction in terms of moles, as follows: one mole of copper atoms reacts with two moles of sulfuric acid molecules to produce one mole of sulfur dioxide molecules, two moles of water molecules, and one mole of copper sulfate molecules.

يدل المثال السابق على أن المعاملات في المعادلة الكيميائية إضافة إلى أنها تستخدم للدلالة على عدد الذرات أو الجزيئات فإنها يمكن أن تستخدم في نفس الوقت للدلالة على عدد المولات من الذرات أو الجزيئات الموجودة في المعادلة، ويمكن ترجمة ذلك في المثال السابق بالصورة التالية:

The preceding example indicates that the coefficients in a chemical equation, in addition to representing the number of atoms or molecules, can also be used to denote the number of moles of atoms or molecules involved in the reaction.

This concept can be illustrated in the previous example as follows:



لاحظ أن المعادلة الكيميائية الموزونة تحقق قانون حفظ الكتلة.

Note that the balanced chemical equation satisfies the law of conservation of mass.

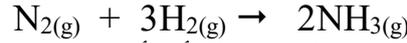
المعلومات التي يمكن الحصول عليها من المعادلة الكيميائية

### Information That Can Be Obtained from a Chemical Equation

**أولاً:** معرفة حالة وطبيعة المواد المتفاعلة والنتيجة:  
في التفاعل التالي:

**First: Determining the state and nature of the reactants and products:**

For example, in the following reaction:



يرمز الحرف (g) إلى أن المادة في الحالة الغازية، أي أن هذا التفاعل يحدث بين غازي الهيدروجين والنيتروجين لتكوين غاز الأمونيا.

The symbol (g) indicates that the substance is in the gaseous state, meaning that the reaction results from the interaction of hydrogen gas with nitrogen gas to form ammonia gas.

**ثانياً:** تحديد النسبة بين أعداد الجزيئات:

**Second: Determining the ratio between the numbers of molecules:**

على سبيل المثال، يمكن ملاحظة النسب التالية من المعادلة السابقة:

For example, from the previous equation, we can observe the following ratios:

نسبة جزيئات  $\text{N}_2$  إلى جزيئات  $\text{H}_2$ :

The ratio of  $\text{N}_2$  molecules to  $\text{H}_2$  molecules is:

$$\frac{1 \text{ molecule}}{3 \text{ molecules}}$$

نسبة جزيئات  $\text{N}_2$  إلى جزيئات  $\text{NH}_3$ :

The ratio of  $\text{N}_2$  molecules to  $\text{NH}_3$  molecules is:

$$\frac{1 \text{ molecule}}{2 \text{ molecules}}$$

نسبة جزيئات  $\text{H}_2$  إلى جزيئات  $\text{NH}_3$ :

The ratio of  $\text{H}_2$  molecules to  $\text{NH}_3$  molecules is:

$$\frac{3 \text{ molecules}}{2 \text{ molecules}}$$

**ثالثاً:** تحديد النسبة بين أعداد المولات:

**Third: Determining the ratio between the numbers of moles:**

نسبة عدد مولات  $\text{N}_2$  إلى عدد مولات  $\text{H}_2$ :

The ratio of the number moles of  $\text{N}_2$  to the number moles of  $\text{H}_2$  is:

$$\frac{1 \text{ mol}}{3 \text{ mol}}$$

نسبة عدد مولات  $\text{N}_2$  إلى عدد مولات  $\text{NH}_3$ :

The ratio of the number moles of  $\text{N}_2$  to the number moles of  $\text{NH}_3$  is:

$$\frac{1 \text{ mol}}{2 \text{ mol}}$$

نسبة عدد مولات  $\text{H}_2$  إلى عدد مولات  $\text{NH}_3$ :

The ratio of the number moles of  $\text{H}_2$  to the number moles of  $\text{NH}_3$  is:

$$\frac{3 \text{ mol}}{2 \text{ mol}}$$

رابعاً: تحديد النسبة بين كتل المواد المتفاعلة والمواد الناتجة:

**Fourth: Determine the ratio between the masses of the reactants and the products:**

نسبة كتلة N<sub>2</sub> إلى كتلة H<sub>2</sub>:

The ratio of the mass of N<sub>2</sub> to the mass of H<sub>2</sub> is:

$$\frac{28 \text{ g}}{6 \text{ g}}$$

نسبة كتلة N<sub>2</sub> إلى كتلة NH<sub>3</sub> :

The ratio of the mass of N<sub>2</sub> to the mass of NH<sub>3</sub> is:

$$\frac{28 \text{ g}}{34 \text{ g}}$$

نسبة كتلة H<sub>2</sub> إلى كتلة NH<sub>3</sub> :

The ratio of the mass of H<sub>2</sub> to the mass of NH<sub>3</sub> is:

$$\frac{6 \text{ g}}{34 \text{ g}}$$

حسابات عدد المولات لمادة بمعلومية مولات مادة أخرى في المعادلة الكيميائية الموزونة

### Calculating the number of moles of a substance given the moles of another substance in the balanced chemical equation

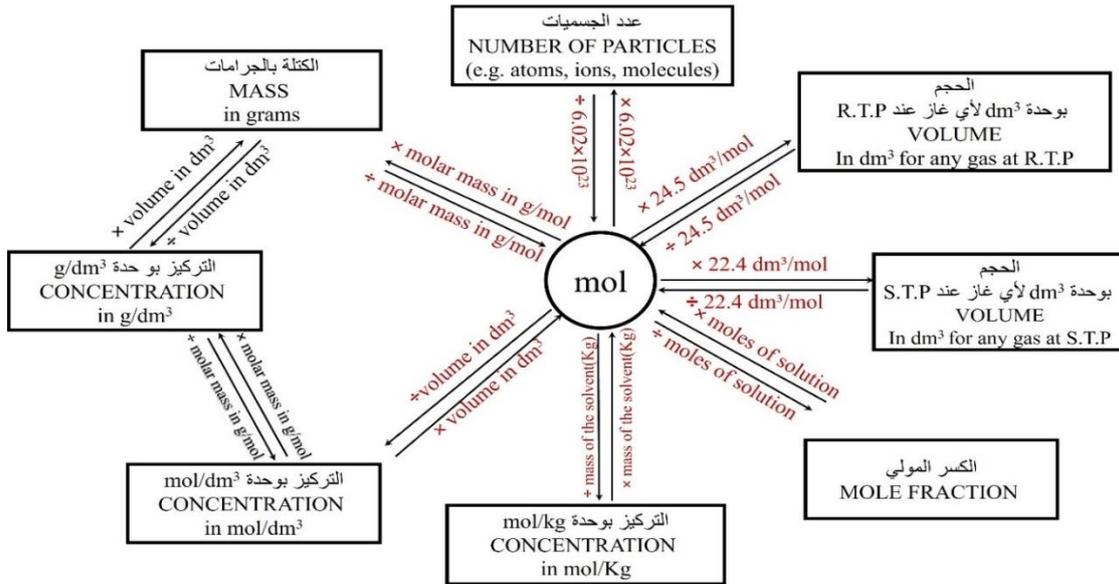
تعدّ حسابات عدد المولات انطلاقاً من المعادلة الكيميائية الموزونة خطوةً أساسية لا غنى عنها في الكيمياء، وهي تمثل جوهر ما يُعرف بـ القياسات الكميّة، وتكمن أهميتها في كونها الجسر الذي يربط بين العالم الدقيق غير المرئي للذرات والجزيئات، والعالم المادي الملموس الذي نتعامل معه في المختبرات والصناعة، حيث تُقاس المواد عادةً بوحدات عملية مثل الجرام أو اللتر. ويمكن حساب عدد المولات باستخدام العلاقة التالية:

Calculating the number of moles from a balanced chemical equation is an essential step in chemistry. It represents the essence of what is known as stoichiometry. Stoichiometry is important because it serves as a bridge between the invisible, microscopic world of atoms and molecules and the tangible, physical world we encounter in laboratories and industry, where substances are usually measured in practical units such as grams or liters. The number of moles can be calculated using the following relationship:

معامل المادة الأولى في المعادلة الموزونة Coefficient of the first substance in the balanced equation	=	عدد مولات المادة الأولى Number of moles the first substance
معامل المادة الثانية في المعادلة الموزونة Coefficient of the second substance in the balanced equation		عدد مولات المادة الثانية Number of moles the second substance

يُعدّ المول الوحدة المحورية التي تتركز عليها جميع الحسابات الكيميائية. وتوضح الخريطة المفاهيمية المرفقة (الشكل 4-1) كيف يمكن تحويل كمية المادة من وحدة المول إلى وحدات عملية أخرى مثل: الكتلة، والحجم، وعدد الجسيمات، وأنواع التراكيز المختلفة التي ستدرس لاحقاً.

The mole is the central unit upon which all chemical calculations are based. The accompanying concept map (Figure 4-1) illustrates how the amount of a substance can be converted from the mole to other practical units such as mass, volume, number of particles, and the various types of concentrations that will be studied later.



شكل 4-1: التحويل بين المول والوحدات الكيميائية الأخرى.

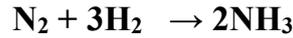
Figure 4-1: Converting between moles and other chemical units.

### Exercise 4-1:

### تدريب 4-1:

حسب معادلة تفاعل تحضير الأمونيا التالية أجب عن الأسئلة التالية.

According to the following reaction equation for the preparation of ammonia, answer the following questions.



a. كم عدد مولات الأمونيا الناتجة من تفاعل 6.0 mol من الهيدروجين مع كمية كافية من النيتروجين?  
a. How many moles of ammonia are produced from the reaction of 6.0 mol of hydrogen with a sufficient amount of nitrogen?

.....  
.....

b. كم عدد مولات الهيدروجين اللازمة للتفاعل مع 252 g من النيتروجين?  
c. How many moles of hydrogen are required to react with 252 g of nitrogen?

.....  
.....

c. كم عدد جزيئات النيتروجين اللازمة لإنتاج 6.0 mol من الأمونيا?  
e. How many molecules of nitrogen are required to produce 6.0 mol of ammonia?

.....  
.....

d. ما كتلة الأمونيا الناتجة من تفاعل 0.450 kg من الهيدروجين مع كمية كافية من النيتروجين?  
f. What is the mass of ammonia produced by reacting 0.450 kg of hydrogen with a sufficient amount of nitrogen?

.....  
.....

### Limiting Reactant

### المادة المحددة للتفاعل

يتوقف التفاعل الكيميائي عندما تُستهلك أيُّ من المواد المتفاعلة تمامًا.

A chemical reaction stops when any of the reactants are completely used up.

نادرًا ما توجد المواد المتفاعلة في الطبيعة بالنسب التي تحددتها معادلة التفاعل الموزونة.

Reactants rarely exist in nature in the proportions determined by a balanced reaction equation.

وعادة ما تكون إحدى المواد أو أكثر فائضة. ويستمر التفاعل إلى أن يتم استنفاد إحدى المواد أو جميعها. وينطبق هذا المبدأ على التفاعلات في المختبر؛ إذ تكون إحدى المواد أو أكثر فائضة، في حين تكون مادة واحدة محددة للتفاعل. لذا فإن كمية المواد الناتجة تعتمد على كمية المادة المحددة للتفاعل، **والمادة المحددة للتفاعل** هي المادة التي تستهلك كلياً في التفاعل وتحدد كمية المادة الناتجة.

Usually, one or more of the reactants are in excess. The reaction continues until one or all of the reactants are used up. This principle applies to reactions in the laboratory; one or more reactants are in excess, while one reactant is the limiting reactant. Therefore, the amount of products depends on the amount of the limiting reactant. The **limiting reactant** is the reactant that is completely consumed in the reaction and determines the amount of the product.

أما الكميات المتبقية من المواد المتفاعلة التي لم تُستهلك بعد توقف التفاعل فتُسمى **المواد الفائضة**. ولمساعدتك على فهم المواد المحددة للتفاعل والفائضة دعنا نأخذ المثال التالي عن عملية التجميع النهائي للسيارات:

The unreacted amounts of other reactants remaining after the reaction stops are called **excess reactants**. To help you understand limiting and excess reactants, let's consider the following example of the final assembly of a car:

**التفاعل:** 1 سيارة → 1 هيكل سيارة + 4 إطارات

Reaction: 4 tires + 1 car body → 1 car

إذا كان لدى مصنع سيارات 100 هيكل سيارة و 240 إطارات، فإن عدد السيارات التي يمكن تجميعها هو  $240/4=60$ ، أي 60 سيارة كاملة.

If a car factory has 100 car bodies and 240 tires, the number of cars that can be assembled is  $240 \div 4 = 60$  cars.

**المادة المحددة للتفاعل:** هي الإطارات؛ لأنها تحدد عدد السيارات الكاملة (60 سيارة).

The limiting reactant is the tires because they determine the number of complete cars that can be produced (60 cars).

**المادة الفائضة:** هي هيكل السيارات، حيث يتبقى منها:  $100-60 = 40$

Excess material: car bodies, of which:  $100-60 = 40$  remains

يمكن تعيين المادة المحددة للناتج من الخطوات:

**The limiting reactant for a product can be determined using the following steps:**

(1) احسب عدد المولات للمواد المتفاعلة.

(1) Calculate the number of moles of each reactant.

(2) اقسم عدد مولات كل مادة متفاعلة على معاملها في المعادلة الموزونة.

(2) Divide the number of moles of each reactant by its coefficient in the balanced equation

(a) إذا تساوت نواتج القسمة فإن جميع المتفاعلات تتفاعل كلياً.

(a) If the quotients are equal, then all reactants react completely.

(b) المادة التي يكون ناتج قسمتها أقل هي التي تتفاعل كلياً (المادة المحددة للتفاعل).

(b) The substance that yields the smaller quotient is the one that reacts completely (the limiting reactant).

وهناك حالات خاصة يمكن معرفة المادة المحددة للتفاعل بمجرد النظر للمعادلة أو استخدام الطرق المبسطة التالية:

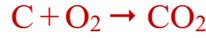
In certain cases, the limiting reactant can be identified simply by inspecting the chemical equation or by applying the following simplified methods:

▪ إذا كانت معاملات المواد المتفاعلة متساوية وأعداد مولات المواد المتفاعلة متساوية، فإن كل المواد المتفاعلة تتفاعل كلياً.

▪ If the coefficients of the reactants are equal and the number of moles of the reactants are also equal, then all the reactants react completely.

**توضيح:** إذا مُزج 2 mol C مع 2 mol O<sub>2</sub> حسب المعادلة:

**Explanation:** If 2 mol of C are mixed with 2 mol of O<sub>2</sub>, according to the equation:



فإن جميع المواد المتفاعلة تتفاعل كلياً ولا يوجد فائض.

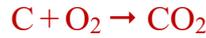
All the reactants, therefore, react completely, and no excess remains.

▪ إذا كانت معاملات المواد المتفاعلة متساوية وأعداد مولات المواد المتفاعلة مختلفة، فإن المادة الأقل عدد مولات هي التي تتفاعل كلياً.

▪ If the coefficients of the reactants are equal but the numbers of moles of the reactants are different, the substance with the smaller number of moles is the one that reacts completely.

**توضيح:** إذا مُزج 3 mol C مع 2 mol O<sub>2</sub> حسب المعادلة:

**Explanation:** If 3 mol of C are mixed with 2 mol of O<sub>2</sub>, according to the equation:



فإن الأكسجين (O<sub>2</sub>) يتفاعل كلياً.

then oxygen (O<sub>2</sub>) reacts completely.

▪ إذا كانت معاملات المواد المتفاعلة مختلفة وأعداد مولات المواد المتفاعلة متساوية، فإن المادة الأعلى في قيمة المعامل هي التي تتفاعل كلياً.

▪ If the coefficients of the reactants are different while the number of moles of the reactants is the same, the substance with the larger coefficient is the one that reacts completely.

**توضيح:** إذا مُزج 4 mol H<sub>2</sub> مع 4 mol O<sub>2</sub> حسب المعادلة:

**Explanation:** If 4 mol of H<sub>2</sub> are mixed with 4 mol of O<sub>2</sub>, according to the equation:



فإن الهيدروجين (H<sub>2</sub>) يتفاعل كلياً.

then hydrogen (H<sub>2</sub>) reacts completely.

#### Exercise 4-2:

#### تدريب 4-2:

يستخدم تفاعل البناء الضوئي في النباتات ثاني أكسيد الكربون والماء لإنتاج الجلوكوز C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>، وغاز الأكسجين. Photosynthesis in plants uses carbon dioxide and water to produce the glucose C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> and oxygen gas.

فإذا توفر لنبتة ما 88.0 g من ثاني أكسيد الكربون، و 64.0 g من الماء للقيام بعملية البناء الضوئي:

If a plant has 88.0 g of carbon dioxide and 64.0 g of water available for photosynthesis:

a. Write the balanced chemical equation for the reaction. اكتب معادلة التفاعل الموزونة.

.....

b. Identify the limiting reactant. حدد المادة المحددة للتفاعل.

.....

c. Identify the excess reactant. حدد المادة الفائضة.

.....

d. Calculate the mass of the excess reactant. احسب كتلة المادة الفائضة.

.....

e. Calculate the mass of the glucose produced. احسب كتلة الجلوكوز الناتج.

.....

.....

## Percent Yield

## نسبة المردود المئوية

نسبة المردود المئوية هي مقياس لمدى كفاءة التفاعل الكيميائي.

The percent yield is a measure of the efficiency of a chemical reaction.

افتراض أنك تتدرب على الرماية الحرة في كرة السلة، وعليك القيام بمئة رمية. من الناحية النظرية يمكنك تحقيق مئة هدف، ولكن فعلياً قد لا تحقق هدفاً في كل رمية. وبالمثل للتفاعلات الكيميائية أيضاً نواتج نظرية وأخرى فعلية.

Suppose you are practicing free throws in basketball and take one hundred shots. In theory, you could make all one hundred, but in practice, you might miss some. Similarly, chemical reactions have both theoretical and actual yields.

### How much product?

### ما مقدار المادة الناتجة؟

في أثناء حل مسائل هذا الفصل، لا بد أنك قد استنتجت أن التفاعل الكيميائي يجرى في المختبر بناء على معادلة كيميائية موزونة، وتنتج عنه كمية من الناتج يتم حسابها مسبقاً.

While solving problems in this chapter, you may have concluded that a chemical reaction in the laboratory occurs according to a balanced chemical equation, producing a certain amount of product that can be calculated in advance.

لكن ذلك غير دقيق دائماً، فكما أنه ليس من المحتمل أن تدخل كرة السلة الهدف 100 مرة من خلال 100 رمية خلال التدريب، كذلك لا تنتج معظم التفاعلات كمية الناتج المتوقعة.

But that's not always accurate, just as it is unlikely for a basketball to go through the hoop 100 times in 100 practice shots, most chemical reactions do not produce the expected amount of product.

ولأسباب متعددة، قد تتوقف التفاعلات قبل الاكتمال، فلا تنتج الكميات المتوقعة من النواتج. فقد تلتصق المواد المتفاعلة والناتجة - في الحالة السائلة - على أسطح الأوعية أو تتبخر، وفي بعض الحالات قد تنتج مواد أخرى غير متوقعة بسبب تفاعلات التنافس التي تقلل من كمية الناتج المرغوب فيه، أو قد تُترك بعض كميات المواد الصلبة جانباً على ورقة الترشيح أو تُفقد بسبب عملية التنقية. ونتيجة هذه المشاكل، فإن الكيميائيين بحاجة إلى معرفة كيفية تحديد كمية الناتج في التفاعل الكيميائي.

For various reasons, reactions often stop before completion and fail to yield the anticipated amounts. Reactants and products—in the case of liquids—may stick to the surfaces of containers or evaporate. In some cases, unexpected substances may form due to competing reactions, reducing the amount of desired product. Some solid materials may remain on a filter paper or be lost during purification.

Because of these issues, chemists need to know how to determine the actual amount of product in a chemical reaction.

### المردود النظري والمردود الفعلي:

### Theoretical Yield and Actual Yield:

في كثير من الحسابات السابقة، قمت بحساب كمية الناتج من كمية مادة متفاعلة معطاة. وتسمى كمية الناتج المحسوبة هذه **المردود النظري** للتفاعل، وهو أكبر كمية من الناتج يمكن الحصول عليها من كمية المادة المتفاعلة المعطاة.

In many of the previous calculations, you computed the amount of product from a given amount of reactant. This calculated amount of product is called the **theoretical yield** of the reaction, which is the maximum amount of product that can be obtained from the given amount of reactant.



Exercise answers

إجابات التدريبات

تدريب 4-1:

Exercise 4-1:

a	4 mol NH <sub>3</sub>
b	27 mol H <sub>2</sub>
c	1.806 × 10 <sup>24</sup> molecules
d	2.55 × 10 <sup>3</sup> g NH <sub>3</sub> = 2.55 kg

تدريب 4-2:

Exercise 4-2:

a	6CO <sub>2(g)</sub> + 6H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub> → C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6(aq)</sub> + 6O <sub>2(g)</sub>
b	CO <sub>2</sub>
c	H <sub>2</sub> O
d	28.0 g H <sub>2</sub> O
e	60.0 g C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>

تدريب 4-3:

Exercise 4-3:

Theoretical yield = 24.3 g Cl<sub>2</sub>

Percent yield = 82.3 % Cl<sub>2</sub>

## The Kinetic-Molecular Theory

## نظرية الحركة الجزيئية

اقترح الكيميائيان بولتزمان وماكسويل - كل منهما على حدة - نموذجًا لتفسير خصائص الغازات. وقد عُرف هذا النموذج **بنظرية الحركة الجزيئية** التي تصف سلوك المادة بناءً على حركة جسيماتها. ولقد وضع هذا النموذج عدة افتراضات تتعلق بحجم جسيمات الغاز وحركتها وطاقتها، وتستند النظرية الحركية للغازات إلى الفرضيات الآتية: The chemists Boltzmann and Maxwell, each independently, proposed a model to explain the properties of gases. This model is known as **the kinetic molecular theory**, which describes the behavior of matter based on the motion of its particles. This model makes several assumptions about the size, motion, and energy of gas particles. The kinetic theory of gases is based on the following assumptions:

1. تتكون الغازات من جسيمات ذات حجوم صغيرة جدًا مقارنة بحجوم الفراغات التي تفصل بينها، كما أنها متباعدة، لذلك تنعدم قوى التجاذب والتنافر فيما بينها.

1. Gases consist of particles with very small volumes compared to the volume of the spaces separating them. They are also widely separated, so the forces of attraction and repulsion between them are absent.

2. جسيمات الغاز في حالة حركة مستمرة وعشوائية في الاتجاهات جميعها، وتصطدم بجسيمات أخرى أو بجدار الوعاء الذي توجد فيه، وتُعد التصادمات بين جسيمات الغاز مرنة. وفي التصادم المرن لا تُفقد الطاقة الحركية، ولكنها تنتقل بين الجسيمات المتصادمة.

2. Gas particles are in constant, random motion in all directions, colliding with other particles or with the walls of the container in which they are located. Collisions between gas particles are elastic. In elastic collisions, kinetic energy is not lost but is transferred between the colliding particles.

3. ينتج عن حركة الجسيمات طاقة حركية يحددها عاملان هما: كتلة الجسيم، وسرعته. ويمكن التعبير عن الطاقة الحركية للجسيم بالعلاقة الآتية:

3. The motion of particles produces kinetic energy, which is determined by two factors: the particle's mass and its speed. The kinetic energy of a particle can be expressed by the following relationship:

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

حيث:  $KE$  = الطاقة الحركية،  $m$  = كتلة الجسيم،  $v$  = سرعة الجسيم المتجهة

Where:  $KE$  = kinetic energy,  $m$  = mass of the particle,  $v$  = velocity of the particle.

نجد أن جسيمات عينة من غاز ما لها الكتلة نفسها، إلا أنه ليس لها السرعة نفسها، لذلك تختلف كمية الطاقة الحركية لها. ولذا، تستخدم درجة الحرارة مقياسًا لمتوسط الطاقة الحركية لجسيمات المادة. فنجد أن أيّ غازين عند درجة الحرارة نفسها سوف يمتلكان متوسط الطاقة الحركية ذاته.

The particles in a sample of a gas have the same mass, but not the same speed, so their kinetic energy varies. Temperature is therefore used as a measure of the average kinetic energy of the particles of a substance. Any two gases at the same temperature will have the same average kinetic energy.

## General Properties of Gases

## الخواص العامة للغازات

تتميز الغازات بعدد من الخواص، ومنها:

Gases have several properties, such as:

### ■ التمدد:

لا تمتلك الغازات شكلًا أو حجمًا ثابتًا، لذلك هي تملأ شكل الوعاء الذي توضع فيه لأنها قادرة على التمدد.

### ■ Expansion:

Gases have no definite shape or volume. They take the shape of their container because they can expand to fill any available space.

■ القابلية للانضغاط:

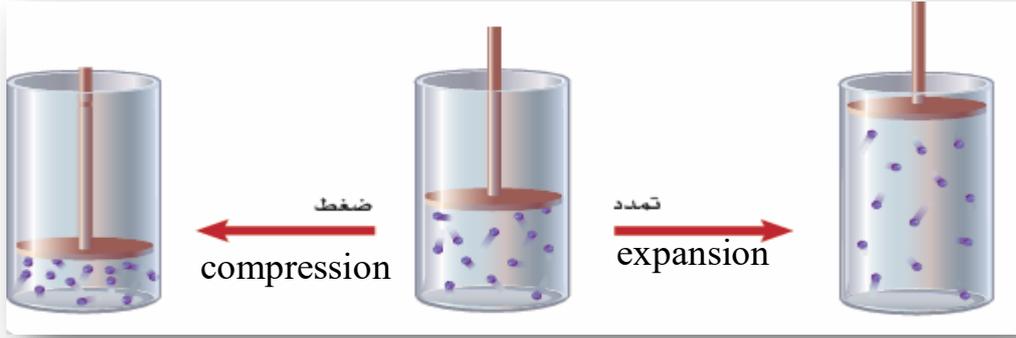
جسيمات الغازات متباعدة وكثافتها منخفضة لذا فهي قابلة للانضغاط.

■ **Compressibility:**

Because gas particles are widely spaced and have low density, gases are highly compressible.

والشكل 1-5 يوضح ما يحدث لكثافة الغاز الموجودة في الوعاء أثناء انضغاطه وتمدده.

Figure 5-1 shows what happens to the density of a gas in a container as it compresses and expands.



الشكل 1-5: إن تمدد الغاز وانضغاطه في وعاء مغلق يغير الحجم الذي تشغله كتلة ثابتة من الجسيمات.

Figure 5-1: The expansion and compression of a gas in a closed container change.

■ الميوعة:

جسيمات الغازات تتحرك بحرية وسرعة في جميع الاتجاهات، مما يجعلها تنتشر بسهولة، ولهذا تُعد الغازات من الموائع.

■ **Fluidity:**

Gas particles move freely and quickly in all directions, which makes them spread easily, and for this reason gases are considered fluids.

■ انخفاض الكثافة:

جسيمات الغازات متباعدة عن بعضها وهذا ما يفسر انخفاض كثافتها، إلا أنه يمكن خفض كثافتها بشكل أكبر أو زيادتها بمجرد تغيير الحجم الذي يشغله الغاز بواسطة التحكم في الضغط مثلاً أو درجة الحرارة أو كلاهما.

■ **Low density:**

Gas particles are far apart from each other, which explains their low density. However, their density can be decreased or increased simply by changing the volume the gas occupies—by adjusting the pressure, the temperature, or both.

■ القابلية للامتزاج:

جميع الغازات قابلة للاختلاط والامتزاج مع بعضها البعض بشكل تام لتكوين محلول متجانس، بغض النظر عن نوع الغاز، ويرجع ذلك إلى أن الجزيئات الغازية متباعدة جداً وتتحرك بحرية عالية، مما يسمح لها بالامتزاج الكامل دون وجود حدود فاصلة بين المكونات.

■ **Miscibility:**

All gases can mix completely with one another to form a homogeneous mixture, regardless of the type of gas. This occurs because gas molecules are very far apart and move freely, allowing complete mixing without any boundaries between components.

■ الانتشار والتدفق:

وفقاً لنظرية الحركة الجزيئية، ونظراً لأن المسافة كبيرة بين الجسيمات، فإن قوى التجاذب بين جسيمات الغاز تكاد تكون منعدمة. ولهذا تنتشر هذه الجسيمات بسهولة، ويكون المكان الذي ينتشر فيه الغاز في كثير من الأحيان

مشغولاً بغاز آخر، وتتسبب الحركة العشوائية لجسيمات الغازات باختلاط بعضها ببعض، حتى يصبح توزيع الغازات المختلطة متساوياً.

يُصَف **الانتشار** حركة تداخل المواد معاً، وقد يكون هذا المصطلح حديثاً، ولكن عملية الانتشار مألوفة لك. فأنت تشم رائحة الطعام عند طهيهِ في أرجاء المنزل كلها؛ بسبب انتشار جسيمات الغاز من منطقة ذات تركيز عالٍ (وهي في هذه الحالة المطبخ) إلى منطقة ذات تركيز منخفض (باقي أرجاء المنزل).

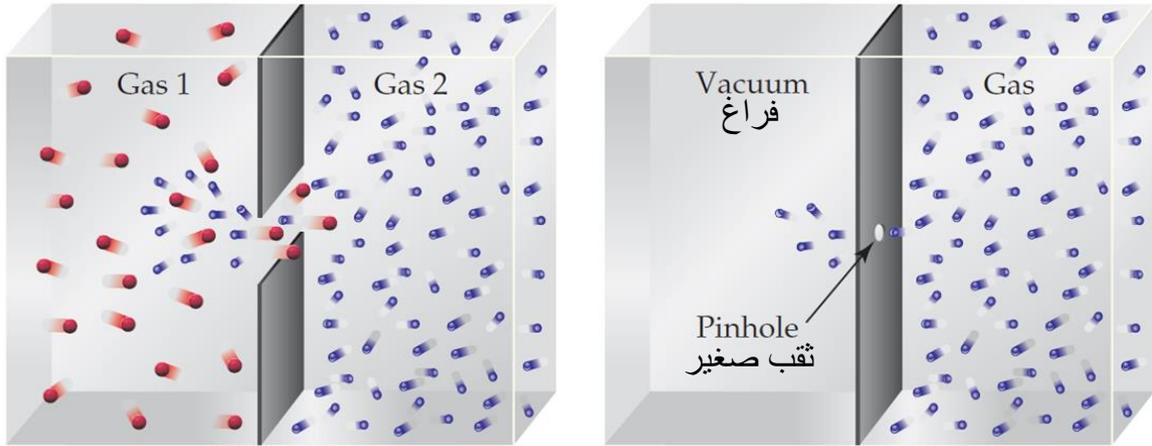
أما **التدفق** فهو عملية ذات صلة بالانتشار، ويحدث التدفق عندما يخرج الغاز من خلال ثقب صغير، كما هو موضح في الشكل 5-2.

#### ▪ Diffusion and Effusion:

According to the kinetic-molecular theory, there are no significant forces of attraction between gas particles. Thus, gas particles can flow easily past each other. Often, the space into which a gas flows is already occupied by another gas. The random motion of the gas particles causes the gases to mix until they are evenly distributed.

**Diffusion** is the term used to describe the movement of one material through another. The term might be new, but you are probably familiar with the process. If food is cooking in the kitchen, you can smell it throughout the house because the gas particles diffuse. Particles diffuse from an area of high concentration (the kitchen) to one of low concentration (the other rooms in the house).

**Effusion** is a process related to diffusion. During effusion, a gas escapes through a tiny opening, as shown in Figure 5-2.



الانتشار Diffusion

التدفق Effusion

الشكل 5-2: الانتشار والتدفق

### Figure 5-2: Diffusion and Effusion

من هذه الصفات يمكن لنا أن ندرك أن خواص الغازات ذات علاقة وثيقة بأربعة متغيرات هامة هي: الضغط، ودرجة الحرارة، والحجم، والكمية، وهذا ما سيتضح بشكل مفصل لاحقاً.

From these characteristics, we can realize that the properties of gases are closely related to four important variables: pressure, temperature, volume, and quantity, which will be explained in detail later.

#### Graham's Law

#### قانون جراهام

قام توماس جراهام بإجراء تجربة لقياس معدل سرعة تدفق غازات مختلفة عند درجة الحرارة نفسها، وقد صمم تجربته بحيث تتدفق الغازات إلى مكان لا توجد فيه مادة. وقد اكتشف وجود علاقة عكسية بين معدل سرعة التدفق والكتلة المولية للغاز.

Thomas Graham conducted an experiment to measure the rate of flow of different gases at the same temperature. He designed his experiment to flow the gases to a location

where there was no substance. He discovered an inverse relationship between the rate of flow and the molar mass of the gas.

**قانون جراهام** للتدفق ينص على أن معدل سرعة تدفق الغاز يتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي للكتلة المولية.

**Graham's Law** of Effusion states that the rate of flow of a gas is inversely proportional to the square root of the molar mass.

تعتمد سرعة الانتشار بالدرجة الأولى على كتلة الجسيمات؛ حيث تنتشر الجسيمات الخفيفة أسرع من الثقيلة. ويمكن وصف متوسط الطاقة الحركية للغازات المختلفة عند درجة الحرارة نفسها بالمعادلة:

The rate of diffusion depends primarily on the mass of the particles; lighter particles diffuse faster than heavier particles. The average kinetic energy of different gases at the same temperature can be described by the equation:

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

ومع ذلك فإن كتلة جسيمات الغاز تختلف من غاز إلى آخر. ولكي تمتلك الجسيمات الخفيفة متوسط الطاقة الحركية نفسه للجسيمات الثقيلة يجب أن تكون سرعتها المتوسطة أكبر.

However, the mass of gas particles varies from one gas to another. For lighter particles to have the same average kinetic energy as heavier particles, their average velocity must be greater.

وينطبق قانون جراهام أيضاً على معدل الانتشار وهذا منطقي؛ إذ تنتشر الجسيمات الثقيلة أبطأ من الجسيمات الخفيفة عند درجة الحرارة نفسها. يمكنك باستخدام قانون جراهام كتابة نسبة رياضية للمقارنة بين معدل انتشار غازين.

Graham's law also applies to the rate of diffusion, which makes sense; heavier particles diffuse more slowly than lighter particles at the same temperature. Using Graham's law, you can write a mathematical ratio to compare the rates of diffusion of two gases:

$$\frac{\text{Rate A}}{\text{Rate B}} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}$$

**تدريب 5-1:** اختر الإجابة الصحيحة فيما يلي:

**Exercise 5-1:** Choose the correct answer from the following:

1. يتسرب غاز بروميد الهيدروجين خلال فتحة صغيرة بمعدل 4 mL/s فما معدل تسرب غاز الميثان خلال نفس الفتحة؟

1. Hydrogen bromide gas leaks through a small opening at a rate of 4 mL/s. What is the rate of methane gas leaking through the same opening?

a) 1.78 mL/s b) 9 mL/s c) 18 mL/s d) 24 mL/s

2. غاز تبلغ سرعة انتشاره 1.414 مرة مقارنة بسرعة انتشار غاز ثاني أكسيد الكبريت احسب الكتلة المولية الغاز المجهول؟

2. A gas whose diffusion speed is 1.414 times that of sulfur dioxide. Calculate the molar mass of the unknown gas?

a) 16 g/mol b) 32 g/mol c) 64 g/mol d) 128 g/mol

## Pressure

## الضغط

كما نعلم، أن الهواء يحتوي على ذرات وجزيئات غازية في حركة مستمرة. تصطدم هذه الجسيمات مع بعضها البعض ومع الأسطح المحيطة بها. كل تصادم يولد قوة صغيرة، ولكن مجموع قوى جميع الجسيمات ينتج تأثيراً كبيراً.

As we know, air contains gas atoms and molecules in constant motion. These particles collide with each other and with surrounding surfaces. Each collision produces a very small force, but when the forces of all these particles are combined, they quickly add up to produce a large effect.

إن النتيجة المترتبة على التصادمات المستمرة بين ذرات أو جزيئات الغاز والأسطح المحيطة هي ما نُسَميه الضغط، الذي بسببه يمكننا أن نشرب باستخدام الماصة، وأن ننفخ كرات السلة، وأن نتنفس. كما أن اختلاف الضغط في الغلاف الجوي للأرض هو ما يُؤدِّد الرياح، في حين تساعدنا تغيرات الضغط على التنبؤ بحالة الطقس.

The result of the constant collisions between gas atoms or molecules and surrounding surfaces is what we call pressure. This pressure enables us to drink through a straw, inflate basketballs, and breathe. Pressure differences in Earth's atmosphere also generate wind, while pressure changes help us predict the weather.

أما الضغط (P) الذي يؤثر به الغاز فيُعرَّف بأنه القوة (F) الناتجة عن تصادم جسيمات الغاز مقسومة على مساحة السطح (A) الذي تصطدم به:

The pressure (P) exerted by a gas is defined as the force (F) resulting from the collision of the gas particles divided by the area (A) of the surface they collide with:

$$P = \frac{F}{A}$$

وبالتالي، يعتمد الضغط الذي تمارسه عينة غاز على عدد جسيمات الغاز في حجم معين، فكلما قلَّ عدد جسيمات الغاز، انخفضت القوة لكل وحدة مساحة وانخفض الضغط.

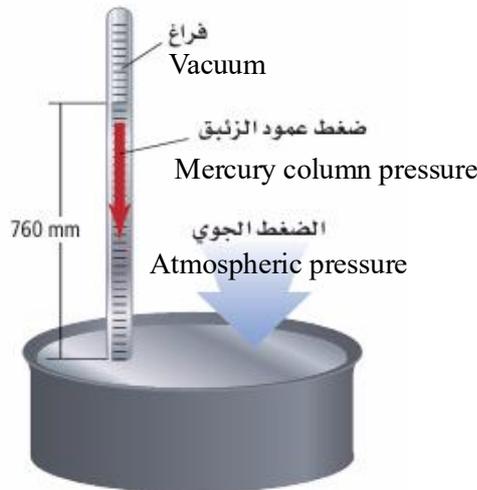
Therefore, the pressure exerted by a gas sample depends on the number of gas particles in a given volume, the fewer the gas particles, the lower the force per unit area, and the lower the pressure.

### Measuring Atmospheric Pressure

### قياس الضغط الجوي

يُقاس الضغط الجوي بالبارومتر، وهو أنبوب زجاجي مفرغ من الهواء، يُغمَر طرفه في حوض من الزئبق (Hg) كما هو موضح في الشكل 3-5. يدفع الضغط الجوي على سطح الزئبق السائل إلى الأعلى داخل الأنبوب المفرغ. ونظراً لكثافة الزئبق العالية (أكثر كثافة من الماء بـ 13.5 مرة)، فإن الضغط الجوي قادر على رفع عمود الزئبق إلى ارتفاع يقارب 0.760 m أو 760 mm. وبالمقابل، يمكن للضغط الجوي رفع عمود من الماء يصل ارتفاعه إلى حوالي 10.3 m. ولهذا السبب، يُعد عمود الزئبق وسيلة مناسبة وسهلة لقياس الضغط.

Atmospheric pressure is measured by a barometer. A barometer is an evacuated glass tube, the end of which is immersed in a pool of mercury (Hg) as shown in Figure 5-3. The atmospheric pressure on the surface of the liquid mercury pushes the mercury upwards inside the evacuated tube. Because mercury is very dense (13.5 times denser than water), atmospheric pressure supports a column of mercury about 0.760 m or 760 mm high. By contrast, atmospheric pressure supports a column of water about 10.3 m high. This makes a mercury column a convenient way to measure pressure.



الشكل 3-5: البارومتر الزئبقي

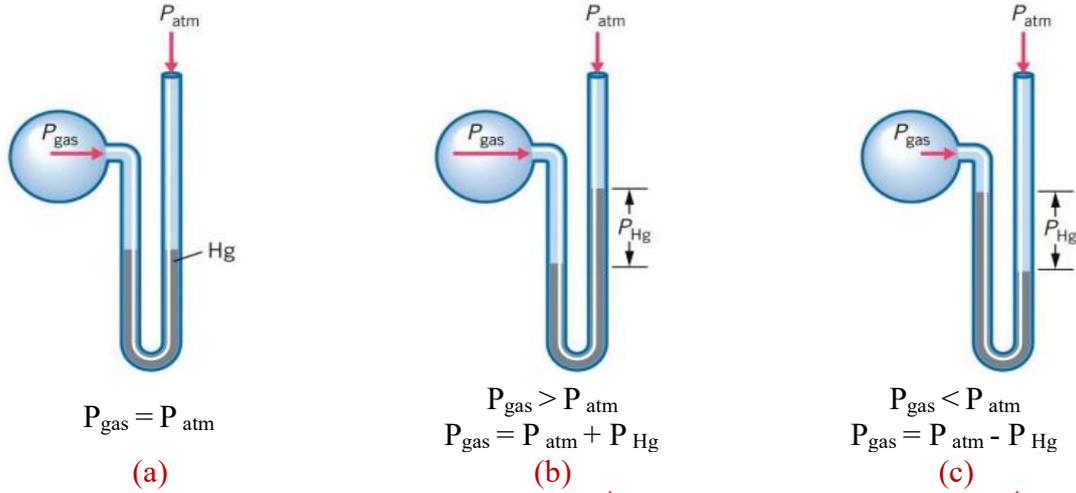
Figure 5-3: Mercury barometer

ويحدّد ارتفاع الزئبق قوتين، إحداهما الجاذبية الأرضية المؤثرة في الزئبق بقوة ثابتة إلى أسفل، والأخرى القوة المعاكسة لها التي تدفع الزئبق إلى الأعلى، وتكون بفعل الهواء الضاغط على سطح الزئبق إلى أسفل. ويتغير ضغط الهواء بتغير درجة حرارة ورطوبة الجو.

The height of mercury is determined by two forces: gravity, which exerts a constant downward force on the mercury, and the opposing force, exerted by the air pressure on the mercury's surface, which pushes it upwards. Air pressure varies with changes in temperature and humidity.

**المانومتر** أداة تُستخدم لقياس ضغط الغاز المحصور، ويتكون من دورق متصل بأنبوب على شكل U مملوء بالزئبق كما هو موضح في الشكل 4-5.

A manometer is an instrument used to measure the pressure of a confined gas. It consists of a flask connected to a U-shaped tube filled with mercury, as shown in Figure 5-4.



ضغط الغاز يساوي الضغط الجوي.  
The gas pressure is equal to atmospheric pressure.

ضغط الغاز أكبر من الضغط الجوي.  
The gas pressure is greater than atmospheric pressure.

ضغط الغاز أقل من الضغط الجوي.  
The gas pressure is less than atmospheric pressure.

الشكل 4-5: قياس ضغط الغاز باستخدام المانومتر مفتوح الطرف

Figure 5-4: Measuring gas pressure using an open-ended manometer

**وحدات قياس الضغط** إن وحدة قياس الضغط هي باسكال (Pa). وقد اشتقت وحدة باسكال من وحدة قياس القوة العالمية نيوتن (N). وتساوي وحدة باسكال مقدار قوة واحد نيوتن لكل متر مربع. ( $1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$ ) وما زالت مجالات كثيرة من العلوم تستخدم الوحدات التقليدية لقياس الضغط.

فعلى سبيل المثال، يسجل المهندسون الضغط على أنه عدد الأرتال لكل بوصة مربعة (psi)، ويسجل الضغط المُقاس باستخدام البارومترات أو المانومترات بالملمترات الزئبقية (mmHg) وهناك وحدتان أخريان تعرف إحداهما تور (torr) والأخرى بار (bar).

**Pressure Units:** The unit of pressure is the pascal (Pa). The pascal is derived from the international unit of force, the newton (N). The pascal is equal to one newton per square meter ( $1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$ ). Many fields of science still use traditional units of pressure.

For example, engineers record pressure as pounds per square inch (psi), and pressure measured using barometers or manometers is recorded in millimeters of mercury (mmHg). Two other units are known as torr and bar.

**Converting between pressure units**

التحويل بين وحدات الضغط

$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ torr} = 1.01325 \text{ bar} = 101325 \text{ Pa} = 101.325 \text{ kPa}$$

### Real Versus Ideal Gases

### الغاز الحقيقي مقابل الغاز المثالي

تتبع الغازات المثالية فرضيات نظرية الحركة الجزيئية التي درستها سابقاً. فحجم جسيمات الغاز المثالي يكاد يكون معدوماً، كما أن هذه الجسيمات لا تشغل حيزاً، ولا توجد قوى تجاذب أو تنافر بينها، ولا تتجاذب أو تتنافر مع جدران الوعاء الموجودة فيه. وتتحرك هذه الجسيمات حركة عشوائية دائمة في خطوط مستقيمة حتى يصطدم

بعضها ببعض أو بجدار الوعاء الذي يحتويها، وهذه التصادمات مرنة، مما يعني أن الطاقة الحركية للنظام لا تتغير، ويتبع الغاز المثالي قوانين الغاز تحت كل الظروف من الضغط ودرجة الحرارة.

Ideal gases follow the assumptions of the kinetic molecular theory you studied earlier. The particles of an ideal gas have almost no volume, occupy no space, and there are no forces of attraction or repulsion between them. They do not attract or repel each other with the walls of the container they are in. These particles move randomly in straight lines until they collide with each other or with the walls of the container they contain. These collisions are elastic, meaning the kinetic energy of the system does not change. An ideal gas follows the gas laws under all conditions of pressure and temperature.

ولكن في الحقيقة ليس هناك غاز مثالي؛ فجسيمات الغاز لها حجم وإن كان صغيراً، وتوجد بينها قوى تجاذب، كما أن التصادمات فيما بينها وبين الوعاء ليست تصادمات مرنة تماماً. وعلى الرغم من ذلك تسلك معظم الغازات سلوك الغاز المثالي في نطاقات واسعة من الضغط ودرجة الحرارة. كما أن الحسابات التي تجري باستخدام قانون الغاز المثالي تقارب القياسات التجريبية.

However, in reality, there is no such thing as an ideal gas. Gas particles have small volumes, but they do have attractive forces between them, and collisions between them and the container are not perfectly elastic. Nevertheless, most gases behave like an ideal gas over wide ranges of pressure and temperature. Calculations using the ideal gas law approximate experimental measurements.

**متى يكون قانون الغاز المثالي غير مناسب للاستخدام مع الغاز الحقيقي؟** تحديد معظم الغازات الحقيقية في سلوكها عن الغاز المثالي عند الضغط العالي ودرجات الحرارة المنخفضة. فعلى سبيل المثال يسلك غاز النيتروجين سلوك الغاز الحقيقي وعند انخفاض درجات حرارة غاز النيتروجين تنخفض طاقة جسيماته الحركية، وهذا يعني أن قوى التجاذب بين هذه الجسيمات قوية، مما يجعلها تؤثر في سلوكها. وعندما تنخفض درجة الحرارة بقدر كاف يتكاثف الغاز الحقيقي مكوناً سائلاً. ويسلك غاز البروبان أيضاً سلوك الغاز الحقيقي. وتعمل زيادة الضغط على الغاز على إجبار جسيماته على الاقتراب بعضها من بعض، حتى يصبح من غير الممكن إهمال الحجم الذي تشغله الجسيمات، وتتحول الغازات الحقيقية - ومنها البروبان - إلى سائل إذا تعرضت لضغط كافٍ.

**When is the ideal gas law not suitable for use with real gases?** Most real gases deviate from the ideal gas behavior at high pressure and low temperature. For example, Nitrogen gas behaves like a real gas. As the temperature of nitrogen gas decreases, the kinetic energy of its particles decreases. This means that the attractive forces between these particles are strong, affecting their behavior. When the temperature drops sufficiently, the real gas condenses into a liquid. Propane also behaves like a real gas. Increasing the pressure on the gas forces its particles closer together, until the volume occupied by the particles becomes negligible. Real gases, including propane, turn into a liquid if subjected to sufficient pressure.

تؤثر طبيعة الجسيمات التي يتكوّن منها الغاز في سلوكه بطريقة مثالية. فمثلاً يوجد بين جسيمات الغاز القطبية كما في بخار الماء قوى تجاذب أكبر من القوى التي تكون بين جسيمات الغازات غير القطبية كالهيليوم. فتنجذب الأطراف المختلفة للجسيمات القطبية بعضها نحو بعض بقوى تجاذب كهروستاتيكية، كما في الشكل 5-5، لذا لا تسلك الغازات القطبية سلوك الغاز المثالي. وتشغل جسيمات الغازات غير القطبية الكبيرة الحجم كالبيوتان ( $C_4H_{10}$ ) حيزاً أكبر من الحيز الذي يشغله عدد مماثل من جسيمات غاز صغيرة الحجم كالهيليوم (He). ولهذا السبب تميل جسيمات الغاز الكبيرة إلى الابتعاد عن السلوك المثالي أكثر من جسيمات الغاز الصغيرة.

The nature of the particles that make up a gas influences its behavior in an ideal way. For example, the attractive forces between the particles of polar gases, such as water vapor, are stronger than those between the particles of nonpolar gases, such as helium. The opposite ends of the polar particles are attracted to each other by electrostatic forces, as shown in Figure 5-5. Therefore, polar gases do not behave like an ideal gas. Large, nonpolar gas particles, such as butane ( $C_4H_{10}$ ), occupy more space than an equal number of small gas

particles, such as helium (He). For this reason, large gas particles tend to deviate from ideal behavior more than small gas particles.

## The Gas Laws

## قوانين الغازات

في هذا القسم، سنستعرض عدداً من القوانين الرياضية التي تربط بين خصائص الغازات. تستند هذه القوانين إلى تجارب أُجريت بعناية لقياس خصائص الغازات ذات الصلة، ومن خلال نتائج هذه التجارب، يمكن اكتشاف العلاقات الرياضية بين تلك الخصائص، وغالباً ما تُعرض هذه العلاقات بطريقة تصويرية باستخدام الرسوم البيانية (المنحنيات).

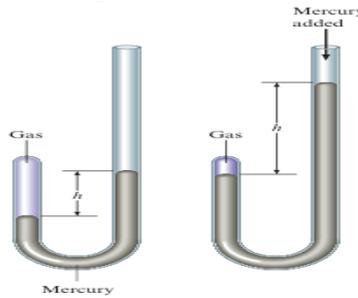
In this section we will consider several mathematical laws that relate the properties of gases. These laws derive from experiments involving careful measurements of the relevant gas properties. From these experimental results, the mathematical relationships among the properties can be discovered. These relationships are often represented pictorially by means of graphs (plots).

## Boyle's law

## قانون بويل

أجرى الكيميائي الأيرلندي روبرت بويل أولى التجارب الكمية على الغازات. باستخدام أنبوب على شكل حرف J مغلق من أحد طرفيه (الشكل 5-5).

Irish chemist Robert Boyle conducted the first quantitative experiments on gases using a J-shaped tube closed at one end (Figure 5-5).



الشكل 5-5: أنبوب على شكل حرف J، مشابه لأنبوب بويل. عند إضافة الزئبق إلى الأنبوب، يزداد الضغط على الغاز المحصور، مما يؤدي إلى انخفاض حجمه.

Figure 5-5: A J-tube similar to the one used by Boyle. When mercury is added to the tube, pressure on the trapped gas is increased, resulting in a decreased volume.

درس بويل العلاقة بين ضغط الغاز المحصور وحجمه. ووجد أن حاصل ضرب الضغط في الحجم لعينة الهواء المحصور ثابتة.

Boyle studied the relationship between the pressure of a confined gas and its volume, and found that the product of pressure and volume for a confined sample of air is constant

يمكن تمثيل هذا السلوك بالمعادلة:

This behavior can be represented by the equation:

$$PV = k$$

وهو ما يُسمى قانون بويل، حيث  $k$  ثابت لعينة مُعينة من الهواء عند درجة حرارة مُحددة.

This is called Boyle's Law, where  $k$  is a constant for a given sample of air at a given temperature.

يمكن تمثيل قانون بويل باستخدام رسمين بيانيين مُختلفين. يُشكل النوع الأول من الرسم البياني،  $P$  مقابل  $V$ ، منحنى يُسمى القطع الزائد (الشكل 5-6). بالنظر إلى هذا الرسم البياني لاحظ أنه مع انخفاض الضغط بمقدار النصف تقريباً (من 58.8 إلى 29.1)، يتضاعف الحجم (من 24.0 إلى 48.0). بعبارة أخرى، هناك علاقة عكسية بين الضغط والحجم.

Boyle's law can be represented using two different graphs. The first type of graph,  $P$  versus  $V$ , forms a curve called a hyperbola (Figure 5-6). Looking at this graph, note that as the

pressure decreases by about half (from 58.8 to 29.1), the volume doubles (from 24.0 to 48.0). In other words, there is an inverse relationship between pressure and volume.

ينص **قانون بويل** على أن حجم (V) كمية محددة من الغاز يتناسب عكسياً مع الضغط (P) الواقع عليه عند ثبوت درجة حرارته.

**Boyle's Law** states that the volume (V) of a given quantity of gas is inversely proportional to the pressure (P) exerted on it at a constant temperature.

يُمكن الحصول على النوع الثاني من الرسم البياني بإعادة ترتيب قانون بويل للحصول على:

The second type of graph can be obtained by rearranging Boyle's Law to get:

$$V = \frac{k}{P} = k \frac{1}{P}$$

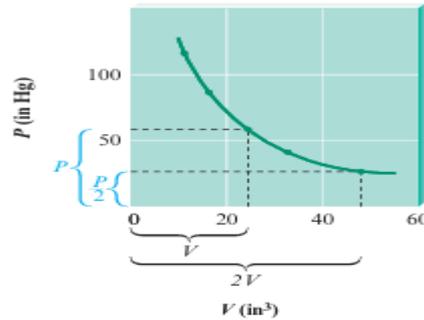
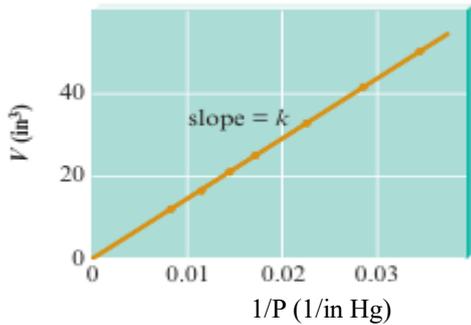
وهي معادلة الخط المستقيم من النوع:

It is the equation of a straight line of the type:

$$y = mx + b$$

حيث يمثل  $m$  الميل، و  $b$  نقطة تقاطع الخط المستقيم. في هذه الحالة،  $y = V$ ، و  $x = 1/P$ ، و  $m = k$ ، و  $b = 0$ . وبالتالي فإن رسم  $V$  مقابل  $1/P$  باستخدام بيانات بويل يُعطي خطاً مستقيماً نقطة تقاطعه صفر كما في الشكل (5-7).

where  $m$  represents the slope, and  $b$  represents the intercept of the line. In this case,  $y = V$ ,  $x = 1/P$ ,  $m = k$ , and  $b = 0$ . Thus, plotting  $V$  versus  $1/P$  using Boyle's data gives a straight line with a zero intercept as in (Figure 5-7).



الشكل 5-7: يُعطي الرسم البياني لـ  $V$  مقابل  $1/P$  خطاً مستقيماً. ميل هذا الخط يساوي قيمة الثابت  $k$ .

Figure 5-7: A plot of  $V$  versus  $1/P$  gives a straight line. The slope of this line equals the value of the constant  $k$ .

الشكل 5-6: يُظهر الرسم البياني لـ  $P$  مقابل  $V$  أن الحجم يتضاعف مع انخفاض الضغط إلى النصف.

Figure 5-6: A plot of  $P$  versus  $V$  shows that the volume doubles as the pressure is halved.

وعلى الرغم من أن القيم المنفردة لكل من الضغط والحجم تتغير بشكل كبير بثبوت درجة الحرارة وبقاء كمية الغاز ثابتة، لكن حاصل الضرب  $P$  في  $V$  يساوي دائماً كمية ثابتة؛ لذا فإنه لعينة من غاز تحت ظرفين مختلفين بثبوت درجة الحرارة، يكون:

Although the individual values of pressure and volume change significantly at constant temperature and constant gas volume, the product of  $P$  and  $V$  always equals a constant quantity. Therefore, for a sample of gas under two different conditions at constant temperature, it is:

$$P_1 V_1 = k$$

$$P_2 V_2 = k$$

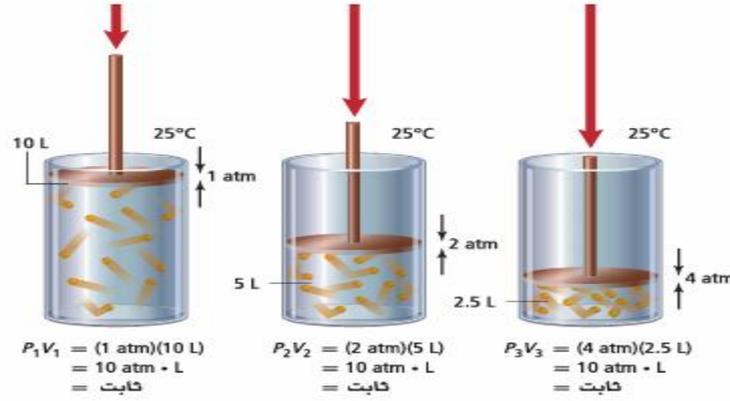
لذا يمكن التعبير عن قانون بويل رياضياً على النحو الآتي:

Therefore, Boyle's law can be expressed mathematically as follows:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

يبين الشكل 5-8 العلاقة العكسية بين الضغط والحجم.

Figure 5-8 shows the inverse relationship between pressure and volume.



الشكل 5-8: عندما يزيد الضغط الخارجي على مكبس الأسطوانة يقل حجم الغاز داخل الأسطوانة.

Figure 5-8: When the external pressure on the piston of the cylinder increases, the volume of the gas inside the cylinder decreases.

### تدريب 5-2:

عينة من غاز مثالي مجهول الحجم وضع في دورق له صمام وتحت ضغط جوي واحد، عند فتح الصمام سمح للغاز بالتمدد داخل دورق فارغ حجمه 0.5 L موصول بالدورق الأول بوصله مهملة الحجم، وُجد أن درجة الحرارة ثابتة وأصبح الضغط 532 mmHg، احسب حجم الدورق الأول؟

### Exercise 5-2:

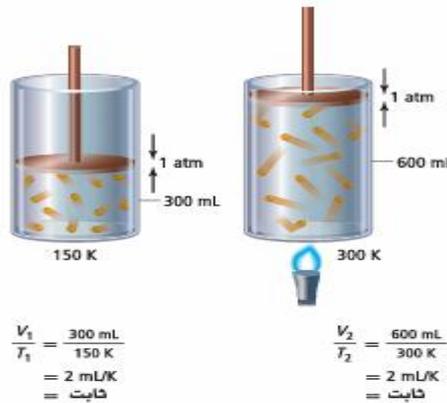
A sample of an ideal gas of unknown volume was placed in a flask with a valve and under one atmosphere of pressure. When the valve was opened, the gas was allowed to expand into an empty flask with a volume of 0.5 L connected to the first flask by a non-volume connector. The temperature was found to be constant and the pressure became 532 mmHg. Calculate the volume of the first flask?

.....  
.....

## Charles's Law

## قانون شارل

درس العالم شارل العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته، حيث لاحظ أن حجم الغاز يزداد بزيادة درجة الحرارة عند ثبوت كمية الغاز والضغط. توضح الأسطوانات في الشكل 5-9 كيفية تغير حجم كمية محددة من الغاز بتسخينه. The scientist Charles studied the relationship between gas volume and temperature, noting that gas volume increases with increasing temperature when the gas quantity and pressure are constant. The cylinders in Figure 5-9 illustrate how the volume of a specific amount of gas changes when it is heated.

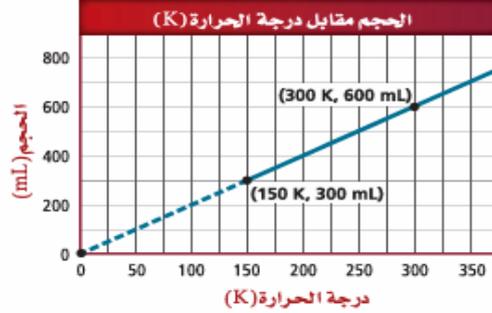


الشكل 5-9: عند تسخين الأسطوانة تزداد الطاقة الحركية لجسيمات الغاز، فتدفع المكبس للأعلى

Figure 5-9: When the cylinder is heated, the kinetic energy of the gas particles increases, pushing the piston upward

ينص **قانون شارل** على أن حجم (V) كمية محددة من الغاز يتناسب طردياً مع درجة حرارته بالكلفن (T) عند ثبوت الضغط، ويلاحظ من الشكل 5-10 العلاقة الطردية والتناسب المباشر بين الحجم ودرجة الحرارة بالكلفن.

**Charles's law** states that the volume (V) of a given quantity of gas is directly proportional to its temperature in Kelvin (T) at constant pressure. Figure 5-10 shows the direct relationship between volume and temperature in Kelvin.



شكل 5-10: العلاقة بين الحجم ودرجة الحرارة بالكلفن.

Figure 5-10: The relationship between volume and temperature in Kelvin.

يمكن التعبير عن قانون شارل بالعلاقة الرياضية التالية:

Charles's law can be expressed by the following mathematical relationship:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

### Exercise 5-3:

### تدريب 5-3:

يشغل غاز حجماً مقداره 0.67 L عند درجة حرارة 350 K. ما درجة الحرارة اللازمة لخفض الحجم بمقدار 45%؟  
A gas occupies a volume of 0.67 L at a temperature of 350 K. What temperature is required to reduce the volume by 45%?

.....  
.....

### Gay-Lussac's law

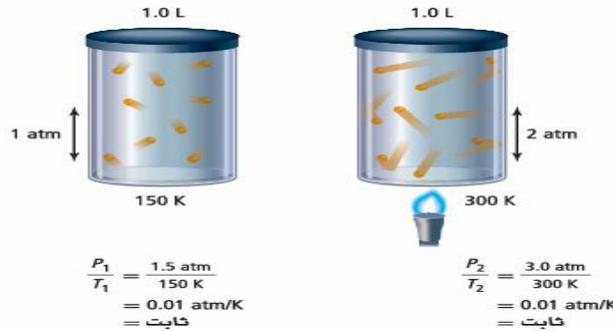
### قانون جاي- لوساك

ينتج الضغط عن اصطدام جسيمات الغاز بجدران الوعاء؛ فكلما ارتفعت درجة الحرارة زاد عدد الاصطدامات وطاقتها؛ لذا تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى زيادة الضغط إذا لم يتغير الحجم.

Pressure results from the collision of gas particles with the walls of the container. The higher the temperature, the greater the number and energy of collisions. Therefore, increasing temperature leads to an increase in pressure if the volume remains unchanged.

وقد وجد جاي لوساك أن درجة الحرارة المطلقة تتناسب طردياً مع الضغط، كما هو موضح في الشكل 5-11.

Gay-Lussac found that absolute temperature is directly proportional to pressure, as shown in Figure 5-11.



الشكل 5-11: عند تسخين الأسطوانة تزداد الطاقة الحركية لجسيمات الغاز، مما يؤدي إلى زيادة اصطداماتها بجدار الإناء، ولأن حجم الأسطوانة ثابت يزداد ضغط الغاز.

Figure 5-11: When the cylinder is heated, the kinetic energy of the gas particles increases, leading to an increase in their collisions with the vessel wall. Because the volume of the cylinder is constant, the gas pressure increases.

وينص **قانون جاي لوساك** على أن ضغط (P) مقدار محدد من الغاز يتناسب طردياً مع درجة الحرارة بالكلفن (T) له، عند ثبوت الحجم. ويلاحظ من الشكل 5-12 العلاقة الطردية والتناسب المباشر بين الضغط ودرجة الحرارة بالكلفن.

Gay-Lussac's law states that the pressure (P) of a given volume of gas is directly proportional to its temperature in Kelvin (T), given constant volume. Figure 5-12 shows the direct and proportional relationship between pressure and temperature in Kelvin.



الشكل 5-12: العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة بالكلفن.

Figure 5-12: The relationship between pressure and temperature in Kelvin.

يمكن التعبير عن قانون جاي - لوساك بالعلاقة الرياضية التالية:

Gay-Lussac's law can be expressed mathematically as follows:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

#### تدريب 5-4:

إذا كان ضغط عينة من الغاز يساوي 30.7 kPa عند درجة حرارة 0.00°C، فكم ينبغي أن ترتفع درجة الحرارة السيليزية للعينة حتى يتضاعف ضغطها؟ عند ثبوت الحجم.

#### Exercise 5-4:

If the pressure of a sample of gas is 30.7 kPa at a temperature of 0.00°C, how much higher in Celsius must the temperature of the sample be for its pressure to double? At constant volume.

### The Combined Gas Law

### القانون العام للغازات

يمكن أن يتغير كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم في العديد من التطبيقات العملية للغازات، كما يمكن دمج قانون بويل وقانون شارل وقانون جاي- لوساك في قانون واحد يطلق عليه **القانون العام للغازات**، وهو يحدد العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة والحجم لكمية محددة من الغاز. ويوجد بين المتغيرات الثلاثة نفس العلاقة الموجودة في القوانين الأخرى. فالضغط يتناسب عكسياً مع الحجم، وطردياً مع درجة الحرارة.

Pressure, temperature, and volume can all change in many practical applications of gases. Boyle's Law, Charles's Law, and Gay-Lussac's Law can be combined into a single law called the **Combined gas law**, which defines the relationship between pressure, temperature, and volume for a given quantity of gas. The three variables share the same relationship as in the other laws. Pressure is inversely proportional to volume and directly proportional to temperature.

ويمكن التعبير عن القانون العام للغازات رياضياً على النحو الآتي:

The Combined gas law can be expressed mathematically as follows:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

يساعدك القانون العام للغازات على حل المسائل التي تتضمن أكثر من متغير واحد، كما يقدم لك طريقة لتذكر القوانين الثلاثة الأخرى دون سذكرك معادلاتها، يمكننا القانون العام للغازات من اشتقاق القوانين الأخرى من خلال تذكر المتغير الثابت في كل حالة.

The Combined gas law helps you solve problems involving more than one variable. It also provides a way to remember the other three laws without remembering their equations. The Combined gas law allows us to derive the other laws by remembering the constant variable in each case.

### تدريب 5-5:

ما درجة الحرارة اللازمة لكي يتضاعف ضغط عينة من غاز النيون إذا انخفض الحجم الأصلي للغاز عند  $-40^{\circ}\text{C}$  إلى الربع.

### Exercise 5-5:

What temperature is needed for the pressure of a sample of neon gas to double if the original volume of the gas at  $-40^{\circ}\text{C}$  was reduced to a quarter?

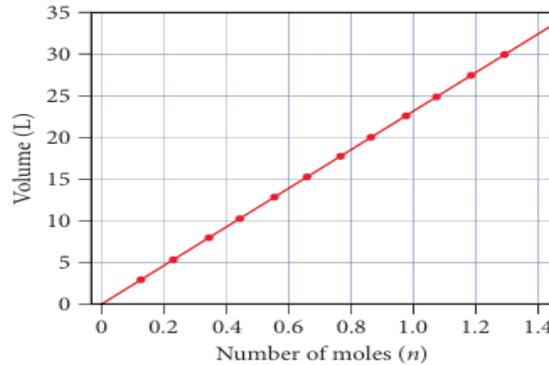
- a)  $116.5^{\circ}\text{C}$  b)  $-20^{\circ}\text{C}$  c)  $-156.5^{\circ}\text{C}$  d)  $389.5^{\circ}\text{C}$

### Avogadro's Law

### قانون أفوجادرو

يوضح الشكل 5-13 حجم عينة غاز (عند ثبوت درجة حرارة والضغط) كدالة لكمية الغاز (بالمول) في العينة. يمكننا أن نرى أن العلاقة الخطية بين الحجم والكمية.

Figure 5-13 shows the volume of a gas sample (at constant temperature and pressure) as a function of the amount of gas (in moles) in the sample. We can see that the relationship between volume and amount is linear.



الشكل 5-13: العلاقة بين الحجم وعدد المولات.

Figure 5-13: Relationship between volume and number of moles.

اقترح **أفوجادرو فرضية** تنص على أنه عند ثبوت كل من الضغط ودرجة الحرارة فإن الحجم المتساوية من الغازات تمتلك العدد نفسه من الجزيئات (أو العدد نفسه من الذرات في حالة الغازات أحادية الذرة). ويتبع ذلك أن حجم (V) غاز معين يجب أن يتناسب طردياً مع عدد مولات جزيئات الغاز الموجودة (n).

**Avogadro proposed** that, at constant pressure and temperature, equal volumes of gases contain the same number of molecules (or the same number of atoms in the case of monatomic gases). It follows that the volume (V) of a given gas must be directly proportional to the number of moles of gas molecules present (n)

ويمكن التعبير عن قانون أفوجادرو رياضياً على النحو الآتي:

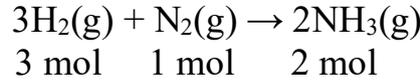
Avogadro's law can be expressed mathematically as follows:

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2}$$

وحسب قانون أفوجادرو، نرى أنه عند تفاعل غازين مع بعضهما، فإن النسبة تكون بينهما بسيطة. وعندما يكون الناتج غازاً يرتبط حجمه مع حجوم المواد المتفاعلة بنسب بسيطة أيضاً.

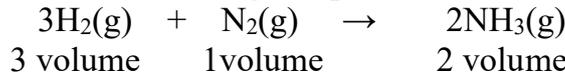
According to Avogadro's law, when two gases react with each other, they are in a simple ratio. When the product is a gas, its volume is also related to the volumes of the reactants in simple ratios.

For example, suppose ammonia is prepared from the reaction of hydrogen molecules with nitrogen molecules:



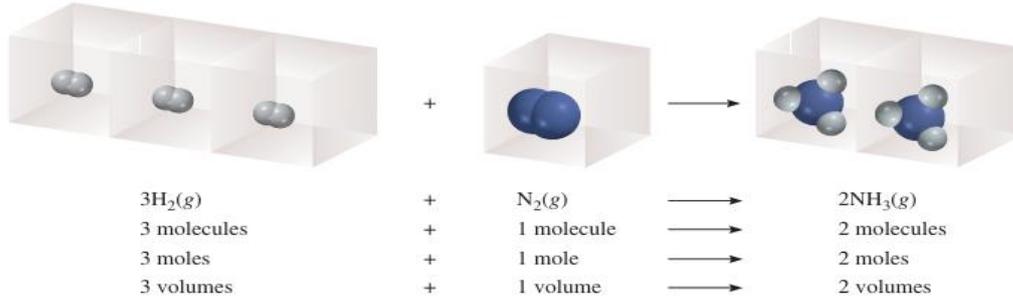
ولأنه عند ثبوت درجة الحرارة والضغط، تتناسب حجوم الغازات طردياً مع عدد مولات الغازات الموجودة. يمكننا الآن كتابة:

Because at constant temperature and pressure, the volumes of gases are directly proportional to the number of moles of gases present. We can now write:



نسبة حجم الهيدروجين إلى النيتروجين هي 3:1، ونسبة الأمونيا (الناتج) إلى الهيدروجين والنيتروجين المتحدة (المتفاعلات) هي: 2:4 أو 1:2 كما هو موضح في الشكل 5-14.

The ratio of the volume of hydrogen to nitrogen is 3:1, and the ratio of ammonia (the product) to combined hydrogen and nitrogen (the reactants) is 2:4, or 1:2, as shown in Figure 5-14.



الشكل 5-14: العلاقة بين حجم الغازات في التفاعل الكيميائي.

Figure 5-14: The relationship between the volume of gases in a chemical reaction.

### The Ideal Gas Law

### قانون الغاز المثالي

Let's summarize the gas laws we've learned:

دعنا نلخص قوانين الغازات التي تعرفنا عليها:

Boyle's Law: When  $n$  and  $T$  are constant

قانون بويل: عند ثبوت  $n$  و  $T$

$$V \propto \frac{1}{P}$$

Charles' Law: When  $n$  and  $P$  are constant

قانون شارل: عند ثبوت  $n$  و  $P$

$$V \propto T$$

Avogadro's Law: When  $P$  and  $T$  are constant

قانون أفوجادرو: عند ثبوت  $P$  و  $T$

$$V \propto n$$

يمكننا دمج هذه التعابير لنحصل على معادلة رئيسة تصف سلوك الغازات:

We can combine all three expressions to form a single master equation for the behavior of gases:

$$V \propto \frac{nT}{P}$$

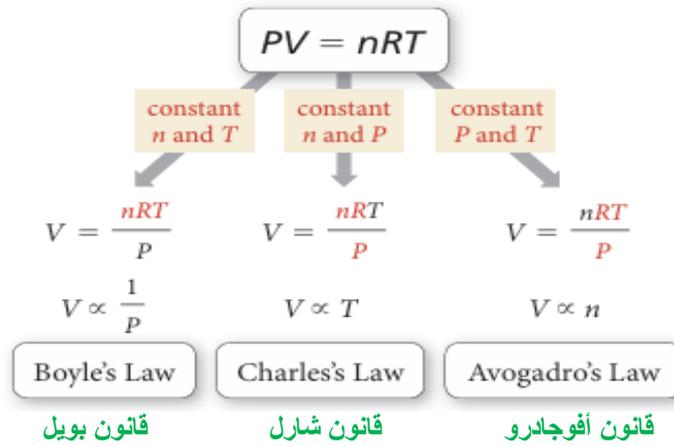
$$V = R \frac{nT}{P}$$

$$PV = nRT$$

حيث R هو ثابت التناسب، ويدعى ثابت الغاز. وتسمى المعادلة السابقة بمعادلة الغاز المثالي التي تصف العلاقة بين المتغيرات الأربعة: P و V و T و n. ويبين الجدول التالي القيم الرقمية لـ R بوحدات مختلفة للضغط: where R is a constant of proportionality, also called the gas constant. The previous equation is called the ideal gas equation, which describes the relationship between the four variables: P, V, T, and n. The following table shows the numerical values of R in different pressure units:

وحدات R R- units	قيمة R R-value
$\frac{L \cdot atm}{mol \cdot K}$	0.0821
$\frac{L \cdot kPa}{mol \cdot K}$	8.314
$\frac{L \cdot mmHg}{mol \cdot K}$	62.4

لاحظ أن قانون الغاز المثالي يحتوي على قوانين الغاز البسيطة التي تم مناقشتها كما موضح في الشكل التالي:  
Note that the ideal gas law contains the simple gas laws discussed as shown in the following figure:



### تدريب 5-6:

غازان A و B محصوران في وعاء حجمه لتر واحد عند درجة حرارة  $70.0^{\circ}C$  وضغط كلي 6.0 atm فإذا كان عدد مولات الغاز A ضعف عدد مولات الغاز B فاحسب:

- عدد مولات كل من الغازين A و B.
- الضغط الجزئي لكل غاز من الغازين في الخليط.

### Exercise 5-6:

Two gases A and B are confined in a container with a volume of one liter at a temperature of  $70.0^{\circ}C$  and a total pressure of 6.0 atm. If the number of moles of gas A is twice the number of moles of gas B, calculate:

- The number of moles of gases A and B.
- The partial pressure of each of the two gases in the mixture.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### قانون الغاز المثالي - الكتلة المولية والكثافة The Ideal Gas Law - Molar Mass and Density

يمكن أن يستخدم قانون الغاز المثالي في إيجاد أي من قيم المتغيرات الأربعة  $P$  و  $V$  و  $T$  و  $n$  ، إذا كانت القيم الثلاث الأخرى معروفة. كما يمكن إعادة ترتيب المعادلة  $PV = nRT$  لحساب الكتلة المولية والكثافة لعينة من الغاز.

The ideal gas law can be used to find any of the four variables  $P$ ,  $V$ ,  $T$ , and  $n$ , if the other three values are known. The equation  $PV = nRT$  can also be rearranged to calculate the molar mass and density of a gas sample.

**الكتلة المولية وقانون الغاز المثالي:** لإيجاد الكتلة المولية ( $M$ ) لعينة غاز نستخدم القانون:

**Molar Mass and the Ideal Gas Law:** To find the molar mass ( $M$ ) of a gas sample, use the following law:

$$M = \frac{mRT}{PV}$$

**الكثافة وقانون الغاز المثالي:** لإيجاد الكثافة ( $D$ ) لعينة غاز نستخدم القانون:

**Density and the Ideal Gas Law:** To find the density ( $D$ ) of a gas sample, use the following law:

$$D = \frac{MP}{RT}$$

### Dalton's law of partial pressures

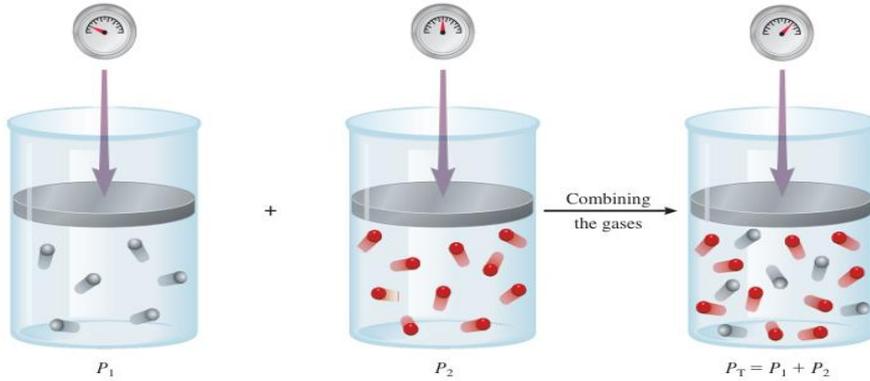
### قانون دالتون للضغوط الجزئية

قام دالتون بصياغة قانون سمي **بقانون دالتون للضغوط الجزئية** الضغط الكلي لخليط من الغازات يساوي مجموع الضغوط الجزئية لكل غاز في الخليط شرط عدم حدوث تفاعل بينهما.

Dalton formulated a law called **Dalton's Law of Partial Pressures**: The total pressure of a mixture of gases equals the sum of the partial pressures of each gas in the mixture, provided there is no chemical reaction between them.

ثبتت الحجم ودرجة الحرارة  
Volume and temperature are constant

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$



الشكل 5-15: توضيح تخطيطي لقانون دالتون للضغوط الجزئية.

Figure 5-15: Schematic illustration of Dalton's law of partial pressures.

ويمكن إيجاد الضغط الجزئي  $P_i$  لكل غاز بمعلومية الضغط الكلي  $P_T$  والكسر المولي للغاز  $X_i$  من العلاقة:  
The partial pressure  $P_i$  of each gas can be found by knowing the total pressure  $P_T$  and the mole fraction of the gas  $X_i$  from the relationship:

$$P_i = X_i P_T$$

### تدريب 5-7:

عينة من الغاز الطبيعي تحتوي على  $8.24 \text{ mol}$  من  $\text{CH}_4$  و  $0.421 \text{ mol}$  من  $\text{C}_2\text{H}_6$  و  $0.116 \text{ mol}$  من  $\text{C}_3\text{H}_8$  إذا كان الضغط الكلي لخليط الغازات يساوي  $1.37 \text{ atm}$  فما هي قيمة الضغط الجزئي لغاز البروبان  $\text{C}_3\text{H}_8$ ؟

### Exercise 5-7:

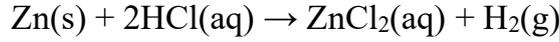
A sample of natural gas contains  $8.24 \text{ mol}$  of  $\text{CH}_4$ ,  $0.421 \text{ mol}$  of  $\text{C}_2\text{H}_6$ , and  $0.116 \text{ mol}$  of  $\text{C}_3\text{H}_8$ . If the total pressure of the gas mixture is  $1.37 \text{ atm}$ , what is the partial pressure of propane gas  $\text{C}_3\text{H}_8$ ?

## Collecting Gases over Water

## جمع الغازات فوق الماء

عندما يكون ناتج التفاعل الكيميائي غازًا، يُجمع الغاز فوق الماء. على سبيل المثال، لنفترض أننا نستخدم تفاعل الزنك مع حمض الهيدروكلوريك لإنتاج غاز الهيدروجين:

When the product of a chemical reaction is a gas, the gas is collected above water. For example, suppose we use the reaction of zinc with hydrochloric acid to produce hydrogen gas:

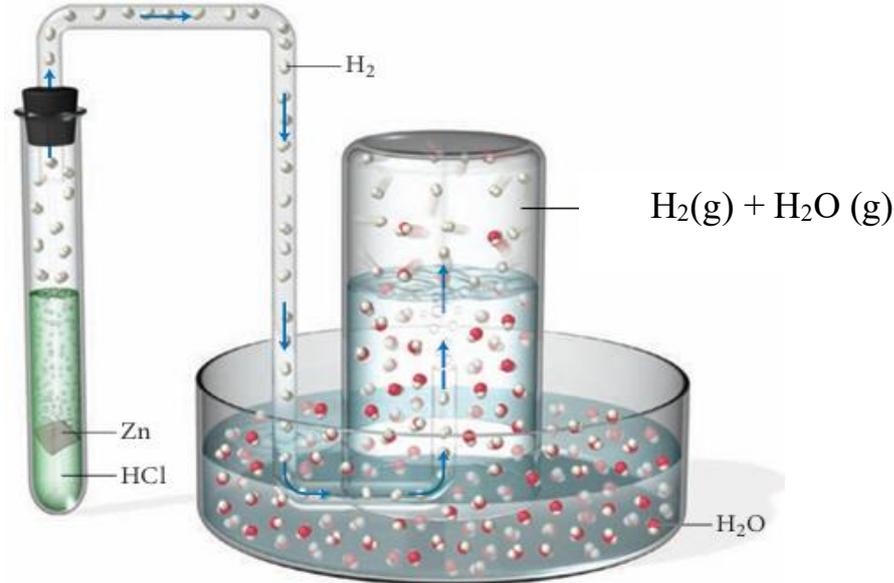


لتجميع الغاز، يُمكننا تركيب جهاز مثل الموضح في الشكل 5-16. عند تكوّن غاز الهيدروجين، يتدفق عبر الماء ويتجمع في قارورة التجميع وتعتمد هذه الطريقة على افتراض أن الغاز المُجمع لا يتفاعل مع الماء ولا تذوب أي كمية منه في الماء. ولا يكون غاز الهيدروجين المُجمع بهذه الطريقة نقيًا، بل يمتزج ببخار الماء، لذلك فإن الضغط الكلي يساوي مجموع الضغط الممارس عن طريق الهيدروجين وبخار الماء:

To collect the gas, we can set up a device like the one shown in Figure 5-16. As the hydrogen gas is formed, it flows through the water and collects in a collecting flask. This method assumes that the collected gas does not react with the water and that no amount of it dissolves in the water. The hydrogen gas collected in this way is not pure; it mixes with water vapor, so the total pressure equals the sum of the pressures exerted by the hydrogen and the water vapor:

$$P_T = P_{\text{H}_2} + P_{\text{H}_2\text{O}}$$

وبناء على ذلك، لا بد أن نأخذ بالحسبان الضغط الناتج عن بخار الماء عند حساب كمية الأكسجين الناتجة. Therefore, we must take into account the pressure exerted by the water vapor when calculating the amount of oxygen produced.



الشكل 5-16: جمع الغاز فوق الماء

Figure 5-16: Collecting a Gas over Water

### تدريب 5-8:

تم جمع غاز الأكسجين الناتج عن تفكك كلورات البوتاسيوم فوق الماء. كان حجم غاز الأكسجين الناتج عند  $24^{\circ}\text{C}$  وضغط جوي 762 mmHg مساويا 128 mL. احسب كتلة الأكسجين التي تم جمعها؟ علماً أن ضغط بخار الماء عند  $24^{\circ}\text{C}$  يساوي 22.4 mmHg

### Exercise 5-8:

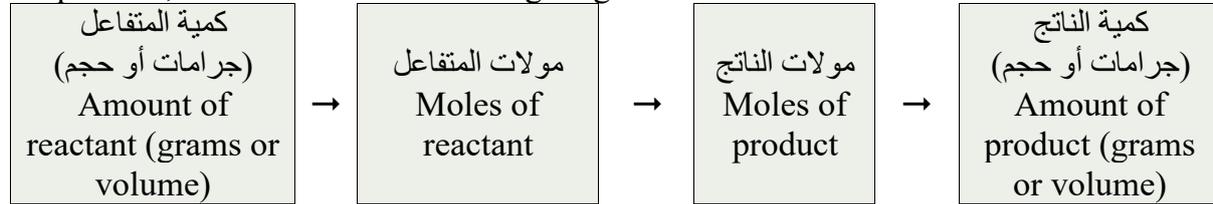
Oxygen gas produced by the decomposition of potassium chlorate was collected over water. The volume of oxygen gas produced at  $24^{\circ}\text{C}$  and an atmospheric pressure of 762 mmHg was 128 mL. Calculate the mass of oxygen collected. Consider that the vapor pressure of water at  $24^{\circ}\text{C}$  is 22.4 mmHg.

## Gas Stoichiometry

## الحسابات المتعلقة بالغازات

استخدمنا في الأجزاء السابقة العلاقات بين الكميات (بالمول) والكتل (بالجرامات) للمتفاعلات والنواتج لحل أسئلة الحسابات التكافؤية. وعندما تكون المتفاعلات و/ أو النواتج في حالتها الغازية، يمكننا استخدام العلاقات بين الكميات بالمولات (n) والحجم (V) أيضاً لحل هذا النوع من الأسئلة كما هو موضح في المخطط التالي:

In the previous sections, we used the relationships between the quantities (in moles) and masses (in grams) of reactants and products to solve stoichiometric calculations questions. When the reactants and/or products are in their gaseous state, we can also use the relationships between the quantities in moles (n) and volume (V) to solve this type of question, as shown in the following diagram:



### تدريب 5-9:

### Exercise 5-9:

يستخدم أزيد الصوديوم ( $\text{NaN}_3$ ) في الأكياس الهوائية للسيارات. ويؤدي اصطدام السيارة إلى تفكك  $\text{NaN}_3$  كالآتي:

Sodium azide ( $\text{NaN}_3$ ) is used in car airbags. A car collision causes the  $\text{NaN}_3$  to disintegrate as follows:



ينفخ غاز النيتروجين المتحرر الأكياس الهوائية لتفصل بين السائق من جهة وزجاج ولوحة العدادات في السيارة من جهة أخرى. احسب حجم غاز  $\text{N}_2$  عند  $80^{\circ}\text{C}$ ، و 823 mmHg الناتج من تفكك 60.0 g من  $\text{NaN}_3$ .

The released nitrogen gas inflates the airbags, separating the driver from the car's windshield and dashboard. Calculate the volume of  $\text{N}_2$  gas produced at  $80^{\circ}\text{C}$ , 823 mmHg, from the disintegration of 60.0 g of  $\text{NaN}_3$ .

Exercise answers

إجابات التدريبات

تدريب 5-1:

Exercise 5-1:

1. b

2. b

تدريب 5-2:

Exercise 5-2:

$$V_1 = 1.17 \text{ L}$$

تدريب 5-3:

Exercise 5-3:

$$T_2 = 192.5 \text{ K}$$

تدريب 5-4:

Exercise 5-4:

$$T_2 = 273 \text{ }^\circ\text{C}$$

تدريب 5-5:

Exercise 5-5:

$$-156.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

تدريب 5-6:

Exercise 5-6:

a.  $n(\text{A}) = 0.142 \text{ mol}$  and  $n(\text{B}) = 0.071 \text{ mol}$

b.  $P_{\text{A}} = 4.0 \text{ atm}$  and  $P_{\text{B}} = 2.0 \text{ atm}$

تدريب 5-7:

Exercise 5-7:

$$P_{\text{propane}} = 0.0181 \text{ atm}$$

تدريب 5-8:

Exercise 5-8:

$$m(\text{O}_2) = 0.164 \text{ g}$$

تدريب 5-9:

Exercise 5-9:

$$V(\text{N}_2) = 37.0 \text{ L}$$

### Intermolecular forces

### القوى بين الجزيئات

القوى بين الجزيئية هي قوى التجاذب بين الجزيئات، وهي المسؤولة عن التصرف غير المثالي للغازات، وأثر هذه القوى أكبر في الحالتين (السائلة والصلبة).

وهناك قوى أخرى تدعى قوى الترابط الجزيئية التي تربط بين جسيمات المادة بروابط أيونية أو تساهمية أو فلزية. إن قوى الترابط الجزيئية هي التي تثبت الذرات في الجزيء الواحد، في حين أن القوى بين الجزيئية هي المسؤولة عن الصفات العامة والفيزيائية للمادة (كدرجتي الانصهار والغليان).

Intermolecular forces are the forces of attraction between molecules. They are responsible for the non-ideal behavior of gases, and their effect is stronger in the liquid and solid states. There are also other forces called intramolecular forces, which hold the particles of a substance together through ionic, covalent, or metallic bonds.

Intramolecular forces keep the atoms bonded within a single molecule, while intermolecular forces are responsible for the general and physical properties of a substance, such as its melting and boiling points

وبشكل عام، فإن القوى بين الجزيئية أضعف من قوى الترابط الجزيئية. فنجد أن الطاقة اللازمة لتبخير السائل أقل من الطاقة اللازمة لكسر الروابط داخل جزيئاته. فمثلاً، 41 kJ كافية لتبخير مول من الماء عند درجة الغليان، ولكن لكسر اثنين من روابط O-H فإننا نحتاج إلى 930 kJ للمول الواحد من الماء. إن درجات غليان المواد تعكس مدى قوة القوى بين الجزيئية. وعند درجة الغليان، يجب إمداد المادة بالطاقة اللازمة للتغلب على القوى بين الجزيئية قبل أن تحول المادة إلى الحالة الغازية. فمثلاً، إذا كانت قيمة القوى بين الجزيئية للمادة A أكبر من قيمة القوى بين الجزيئية للمادة B فهذا يعني أن درجة غليان المادة A أعلى من درجة غليان المادة B. وهذا ينطبق أيضاً على درجة الانصهار؛ فكلما كانت هناك صعوبة لإبعاد الجزيئات عن بعضها، زادت درجة الانصهار. وغالباً، تزداد درجة الانصهار للمادة بزيادة قيمة القوى بين الجزيئية.

In general, intermolecular forces are weaker than intramolecular forces.

The energy required to vaporize a liquid is therefore much less than the energy needed to break the bonds within its molecules.

For example, about 41 kJ of energy is enough to vaporize one mole of water at its boiling point, but breaking the two O–H bonds in one mole of water requires about 930 kJ.

The boiling points of substances reflect the strength of their intermolecular forces.

At the boiling point, a substance must be supplied with enough energy to overcome the intermolecular forces before it can change into the gaseous state.

For instance, if substance A has stronger intermolecular forces than substance B, then the boiling point of A will be higher than that of B.

The same idea applies to the melting point: the harder it is to separate the molecules from one another, the higher the melting point.

In general, the melting point of a substance increases as the intermolecular forces become stronger

ولمعرفة خواص المواد سواء كانت في حالة السيولة أم في حالة الصلابة، يجب علينا دراسة الأنواع المختلفة من القوى بين الجزيئية، وهي: القوي ثنائية القطب، وقوى التشتت وأحياناً يطلق الكيميائيون عليها قوى فان ديرفال، والرابطة الهيدروجينية وهي أقوى أنواع القوى بين الجزيئية؛ لأن بعض العناصر فقط تشارك فيها.

To know the properties of materials, whether they are in a fluid state or in a rigid state, we must study the different types of intermolecular forces, which are: dipole, dispersion forces, sometimes called van der Waal forces, and hydrogen bonds, which are the strongest types of intermolecular forces, because only some elements are involved in them.

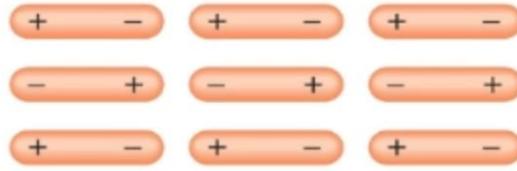
## Dipole Forces

## قوى ثنائية القطب

إن القوى ثنائية القطب هي قوى التجاذب الموجودة بين الجزيئات القطبية، أي بين الجزيئات التي تحمل عزمًا قطبيًا وأساس هذه القوى إلكتروستاتيكي.

Dipole forces are the forces of attraction that exist between polar molecules, that is, between molecules that carry polar momentum, and the basis of these forces is electrostatic. وكلما زاد العزم القطبي، زادت قيمة هذه القوة. يظهر الشكل 1-6 اتجاه الجزيئات القطبية في المادة الصلبة، أما في السوائل فإنه لا يكون بشكل متماسك كما هو في الصلبة، والمهم هو أن يتم الوصول إلى أكبر تجاذب بين الجزيئات من خلال اصطافها بطريقة ما.

The greater the polar momentum, the greater the value of that force. Figure 6-1 shows the orientation of the polar molecules in the solid, but in liquids it is not as coherent as in solids, and the important thing is that the greatest attraction between the molecules is reached by aligning them in some way.



الشكل 1-6: اصطاف الجزيئات ثنائية القطب  
Figure 6-1: Alignment of dipole molecules

## Dispersion Forces

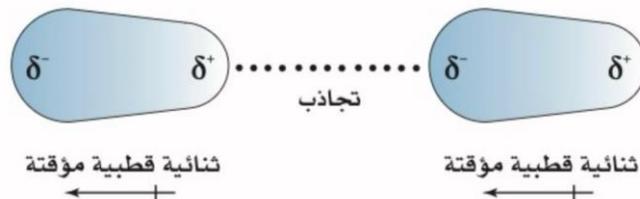
## قوى التشتت

هي قوى تجاذب ضعيفة تنشأ بين الجزيئات غير القطبية، وتنتج هذه القوى الضعيفة عن إزاحة مؤقتة في كثافة الإلكترونات في السحب الإلكترونية، وتعرف قوى التشتت أحيانًا بقوى (لندن)؛ نسبة إلى الفيزيائي الألماني-الأمريكي فريتز لندن الذي كان أول من وصف هذه القوى.

These are weak gravitational forces that arise between nonpolar molecules, and these weak forces are caused by a temporary displacement in the density of electrons in electronic clouds, and the scattering forces are sometimes known as the London forces, after the German-American physicist Fritz London, who was the first to describe these forces.

وحيث أن حركة الإلكترونات دائمة داخل السحب الإلكترونية؛ فعندما يقترب جزيئان أحدهما من الآخر - ولا سيما عند تصادمهما - فإن السحب الإلكترونية لأحدهما تتنافر مع السحب الإلكترونية للجزيء الآخر، فتصبح كثافة الإلكترونات حول كل نواة - ولو للحظة - لكل سحابة إلكترونية أكبر في جهة عن الأخرى، فيشكل كل جزيء ثنائية قطبية مؤقتة. وعند اقتراب ثنائيات الأقطاب المؤقتة بعضها من بعض تنشأ قوى تشتت ضعيفة بين مناطق الشحنات المختلفة لثنائية الأقطاب.

Since the electrons are always moving within the electron clouds, when two molecules come close to each other, especially when they collide, the electron clouds of one of them repulsively with the electron clouds of the other, so that the density of electrons around each nucleus becomes even momentarily greater than the other, forming a temporary dipole. When the temporary dipoles come close to each other, weak scattering forces are created between the different charge regions of the dipoles.



الشكل 2-6: التجاذب في قوى التشتت نتيجة القطبية المؤقتة

Figure 6-2: Attraction in the scattering forces due to temporary polarity

تنشأ قوى التشتت بين جميع الجسيمات، ولكنها تتأثر بحجم الجسيمات فهي ضعيفة في الجسيمات الصغيرة، لذلك كلما زاد حجم الجسيم تصبح قوى التشتت أكثر قوة، كما ويزداد تأثيرها مع زيادة الكتلة المولية وبالتالي ازدياد عدد الإلكترونات. مثلاً على ذلك نجد أن قوى التشتت بين جزيئات اليود أقوى من قوى التشتت بين جزيئات البروم في مجموعة الهالوجينات.

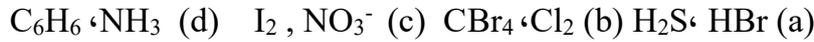
The scattering forces arise between all the particles, but they are affected by the size of the particles, as they are weak in small particles, so the larger the particle size, the stronger the scattering forces become, and their effect increases with the increase in the molar weight and thus the number of electrons. For example, the dispersion forces between iodine molecules are stronger than the dispersion forces between bromine molecules in the halogen group.

### مثال 1-6

ما نوع (أنواع) القوى بين الجزيئات الموجودة بين أزواج المركبات الآتية:

#### Example 6-1

What are the type(s) of intermolecular forces between the following pairs of compounds:



(a)  $H_2S$  و  $HBr$  مركبان قطبيين. لذلك، فإن قوى التجاذب الموجودة بين الجزيئات عبارة عن ثنائيات الأقطاب إضافة إلى قوى التشتت.

(b)  $CBr_4$  و  $Cl_2$  مركبان غير قطبيين. لذا، فالقوى الموجودة بين الجزيئات عبارة عن قوى تشتت.

(c)  $I_2$  و  $NO_3^-$  اليود جزيء ثنائي الذرة متماثل. لذا، فهو جزيء غير قطبي، استناداً إلى ذلك، فإن القوى الموجودة بين  $I_2$  وأيون  $NO_3^-$  عبارة عن قوى تشتت.

(d)  $NH_3$  قطبي، و  $C_6H_6$  غير قطبي. إذن، فستكون القوى بين الجزيئية قوى تشتت فقط.

**مثال 2-6:** اذكر نوع (أنواع) القوى بين الجزيئية في المواد الآتية:

**Example 6-2:** Mention the type(s) of intermolecular forces in the following materials:



## Hydrogen bond

## الرابطة الهيدروجينية

تزداد درجة غليان المركبات المتشابهة في المجموعة الواحدة في الجدول الدوري بزيادة الكتلة المولية عادة، ويعود سبب هذه الزيادة في درجة الغليان إلى الزيادة في عدد الإلكترونات التي تؤدي إلى زيادة قوى التشتت.

The boiling point of similar compounds in a single group in the periodic table usually increases with an increase in molar mass, and this increase in boiling point is due to an increase in the number of electrons that increase the dispersion forces.

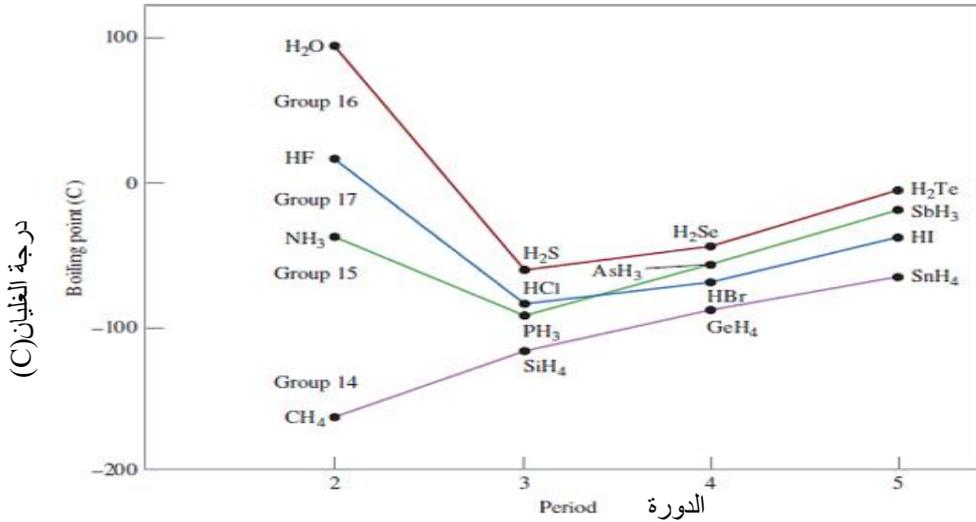
إن مركبات الهيدروجين في المجموعة 14 تتبع هذه الزيادة، كما هو موضح في الشكل 3-6، في حين لا تتبع مركبات الهيدروجين من عناصر المجموعات: 15، 16، 17 هذا المسار.

The hydrogen compounds in group 14 follow this increase, as shown in Figure 6-3, while the hydrogen compounds of group elements: 15, 16, 17 do not follow this pathway.

في كل سلسلة من هذه المجموعات، تكون درجة الغليان الأعلى للمركبات الأخف ( $NH_3$ ،  $H_2O$ ،  $HF$ ) على عكس مما هو متوقع، وهذا يعود إلى قوى التجاذب بين هذه المركبات مقارنة مع المركبات الأخرى في المجموعة نفسها. وتدعى هذه القوى الرابطة الهيدروجينية: وهي حالة خاصة من قوى ثنائي القطب التي تحدث مع ذرة هيدروجين مرتبطة مع ذرة صغيرة ذات كهروسالبية عالية، كما في الرابطة القطبية مثل  $N-H$  أو  $O-H$  أو  $F-H$ . وكما نعلم، فإن ذرات  $N$ ،  $O$ ،  $F$  لها أعلى كهروسالبية في الجدول الدوري.

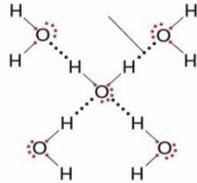
In each of these groups, the higher boiling point of the lighter compounds ( $HF$ ،  $H_2O$ ،  $NH_3$ ) is the opposite of what would be expected, and this is due to the forces of attraction between these compounds compared to other compounds in the same group. These

forces are called hydrogen bonds: it is a special case of dipole forces that occur with a hydrogen atom bonded to a small atom with a high electronegativity, as in a polar bond such as N-H, O-H or F-H. As we know, the atoms N, O, F have the highest electronegativity in the periodic table.



الشكل 6-3: درجات الغليان لمركبات الهيدروجين  
Figure 6-3: Boiling Points of Hydrogen Compounds

This attraction can be written as follows: ويمكن أن يكتب هذا التجاذب على الشكل الآتي:

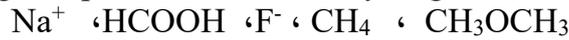


### مثال 6-3

أي من المركبات الآتية يمكن أن يكون رابطة هيدروجينية مع الماء؟

### Example 6-3

Which of the following compounds can have a hydrogen bond with water?



**الحل:** لا يمكن أن يكون أي من  $\text{CH}_4$  و  $\text{Na}^+$  رابطة هيدروجينية مع الماء. ولكن قد يكون كل من  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$  ،  $\text{F}^-$  ،  $\text{HCOOH}$  رابطة هيدروجينية مع الماء

**Solution:** Neither  $\text{CH}_4$  or  $\text{Na}^+$  can have a hydrogen bond with water. But both  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$  ،  $\text{F}^-$  ،  $\text{HCOOH}$  may have a hydrogen bond with water

**مثال 6-4:** أي من المركبات الآتية يمكن أن يكون رابطة هيدروجينية مع نفسه:

**Example 6-4:** Which of the following compounds can have a hydrogen bond with the same:



### Properties of Liquids

### خواص السوائل

القوى بين الجزيئات تؤدي إلى خواص معينة للسوائل.

Intermolecular forces lead to certain properties of liquids.

من أهم خواص السوائل:

The most important properties of fluids are:

### 1- الكثافة Density

كثافة السوائل أعلى من كثافة أبخرتها، كما أن كثافة المواد الصلبة أعلى من كثافة السوائل إلا في حالة الماء الذي يتميز بأن كثافته في حالة الصلابة أقل من كثافته في حالة السيولة حيث يطفو الثلج على الماء، وقد يعود ذلك إلى البناء المرتب للثلج ذي الأبعاد الثلاثة والذي يمنع تقارب الجزيئات من بعضها.

The density of liquids is higher than the density of their vapors, and the density of solids is higher than the density of liquids, except in the case of water, which is characterized by its density in the case of hardness is lower than its density in the case of liquidity, where ice floats on the water, and this may be due to the orderly construction of the three-dimensional ice, which prevents the convergence of the molecules from each other.

## 2- التوتر السطحي Surface Tension

يُعرّف بأنه جذبُ الجزيئات داخل السائل بفعل القوى الجزيئية البينية في الاتجاهات جميعها، لذا، فإن محصلة القوى تكون صفراً. وعندها، فإن الجزيئات لا تتحرك، وتقوم هذه القوى بجذب الجزيئات التي على السطح نحو الأسفل ما يؤدي إلى انضغاط السطح وكأنه غشاء مرن.

It is defined as the attraction of molecules inside a liquid by intermolecular forces in all directions, so the sum of the forces is zero. The molecules do not move, and these forces attract the molecules on the surface downwards, causing the surface to compress like a flexible membrane.



الشكل 4-6: التوتر السطحي

Figure 6-4: Surface tension

## 3- التماسك والتلاصق Cohesion and adhesion

قوى التماسك، وهي التجاذب بين الجزيئات المتشابهة (الماء والماء)

قوى التلاصق، وهي عبارة عن التجاذب بين الجزيئات غير المتشابهة (الماء والزجاج)

Coherent forces, which are the attraction between similar molecules (water and water)

The forces of adhesion, which is the attraction between dissimilar molecules (water and glass) وإذا كانت قوى التلاصق أكبر من قوى التماسك كما في الماء، فإن السائل سيرتفع في الأنبوب كما هو وسيصبح سطح السائل مقعراً.

أما إذا كانت قوى التماسك أكبر من قوى التلاصق كما في الزئبق، فإن مستوى الزئبق في الأنبوب سيكون أقل من المستوى في الوعاء، وسيصبح سطح السائل محدباً.

If the adhesion forces are greater than the cohesive forces as in water, the liquid will rise in the pipe as it is and the surface of the liquid will become concave.

If the cohesive forces are greater than the bonding forces as in mercury, the level of mercury in the tube will be lower than the level in the vessel, and the surface of the liquid will become convex.

## 4- اللزوجة Viscosity

هي مقاومة المائع للجريان. حيث كلما زادت اللزوجة، أصبح جريان السائل أكثر صعوبة. وكلما زادت درجة الحرارة قلت اللزوجة. كما تتأثر اللزوجة بالقوى الجزيئية البينية وأشكال الجزيئات.

It is the resistance of the fluid to flow. The higher the viscosity, the harder the fluid becomes. The higher the temperature, the lower the viscosity. The viscosity is also affected by the intermolecular forces and the shapes of molecules.

## 5- الميوعة fluidity

تصنف الغازات والسوائل على أنها موائع، بسبب قابليتها للانتشار والانسحاب. وتنساب السوائل عادة أبطأ من انتشار الغازات عند درجة الحرارة نفسها، وذلك نتيجة تدخل القوى بين الجزيئات في عملية الانسياب، ولهذا تكون السوائل أقل ميوعة من الغازات.

Gases and liquids are classified as fluids because of their ability to diffuse and flow. Liquids typically flow more slowly than gases at the same temperature due to the intermolecular forces involved in the flow process; therefore, liquids are less fluid than gases.

## Solids

## المواد الصلبة

تصنف المواد الصلبة إلى: بلورية وغير بلورية. فالتلج عبارة عن صلب بلوري، مرتب كثيراً، صلباً، أيوناته أو جزيئاته أو ذراته لها مواقع محددة، مرتبة بشكل هندسي منتظم. أما الصلب غير البلوري مثل الزجاج، فإنه يفتقر إلى الترتيب المحدد والانتظام بعيد المدى كذلك.

Solids are classified into: crystalline and non-crystalline. Ice is a crystalline solid, highly arranged, solid, and its ions, molecules, or atoms have specific locations, arranged in a regular geometrical order. Amorphous steel, like glass, lacks a definite arrangement and long-term regularity as well.

### Crystalline solids

### المواد الصلبة البلورية

في البلورة الصلبة، تترتب الجسيمات داخل الشبكة البلورية لتكوين مكعب بثلاثة طرق مختلفة، وتمثل وحدة البناء أصغر ترتيب للذرات في الشبكة البلورية يحمل التماثل نفسه، حيث تمثل نموذج مصغر من البناء الأكبر.

In a solid crystal, the particles within the crystal lattice are arranged to form a cube in three different ways, and the unit cell represents the smallest arrangement of atoms in the crystal lattice that bears the same symmetry, as it represents a miniature model of the larger construction.

إن التركيب البنائي، وخواص المواد البلورية مثل درجة الانصهار، والكثافة، والقساوة، تحدد جميعها بناءً على قوى التجاذب التي بين الجسيمات الصغيرة. ويتم تصنيف البلورة تبعاً لنوع قوى التجاذب، سواءً أكانت ذرية، أو أيونية، أو جزيئية، أو تساهمية، أو فلزية.

The structure and properties of crystalline materials such as melting point, density, and hardness are all determined by the forces of attraction between small particles. A crystal is classified according to the type of bonding/attractive forces, whether they are atomic, ionic, molecular, covalent, or metallic.

أنواع المواد الصلبة البلورية Types of Crystalline Solids			
أمثلة Examples	خصائص الحالة الصلبة Solid-state properties	وحدة الجسيمات Particle Unit	النوع Type
عناصر المجموعة Group Elements 18	لينية إلى لينية جداً رديئة التوصيل، درجة انصهار منخفضة. Soft to very soft, poor conductivity, low melting point.	الذرات Atoms	ذرية atomic
NaCl, KBr	صلبة، هشّة، درجة انصهار مرتفعة، رديئة التوصيل. Hard, brittle, high melting point, poor conductivity.	أيونات Ions	أيونية Ionic
I <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O ,CO <sub>2</sub>	متوسطة اللين، متفاوتة في درجة الانصهار، رديئة التوصيل Medium soft, varying in melting point, poor conductivity	جسيمات Particles	جزيئية Molecular
C الألماس الكوارتز SiO <sub>2</sub>	صلبة جداً، درجة انصهار مرتفعة، رديئة التوصيل. Very hard, high melting point, poor conductivity.	ترتبط الذرات بروابط تساهمية Atoms are bonded by covalent bonds	تساهمية شبكية Network covalent
جميع العناصر الفلزية	لينية إلى صلبة، درجة انصهار متفاوتة، قابلة للطرق والسحب، ممتازة التوصيل Soft to hard, varying melting point, malleable and ductile, excellent conductivity	الذرات يحيط بها إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة Atoms are surrounded by free-moving valence electrons	فلزية Metallic

المواد الصلبة تكون أكثر استقراراً في حالة التبلور. ولكن إذا تمَّ تكوُّن المادة الصلبة بسرعة (على سبيل المثال تبريد السائل بسرعة)، فإن الذرات أو الجزيئات لا يكون لها الوقت الكافي لترتيب بعضها، ومن الممكن عندها أن تثبت في مواقع تختلف عن مواقعها المحددة. ويطلق على المادة الصلبة الناتجة غير بلورية. إن هذه المواد الصلبة غير البلورية، مثل الزجاج والمطاط والكثير من المواد البلاستيكية، تقتدر إلى الترتيب المعتاد في الأبعاد الثلاثة.

Solids are more stable when crystallized. But if a solid is formed quickly (e.g. a liquid cools rapidly), atoms or molecules don't have enough time to arrange each other, and then they can be fixed in locations different from their specific locations. The resulting solid is called an amorphous solid. These non-crystalline solids, such as glass, rubber, and a lot of plastics, lack the usual arrangement in all three dimensions.

## Mixtures & Solutions

## المخاليط والمحالييل

**المخلوط:** هو مزيج من مادتين أو أكثر، تحتفظ فيه كل مادة شاركت بتكوينه بخصائصها الكيميائية.

**Mixture:** It is a mixture of two or more substances, in which the material that was involved in its formation retains its chemical properties.

### Types of mixtures:

### أنواع المخاليط:

#### أولاً: المخلوط المتجانس:

هو مخلوط تتمزج مكوناته امتزاجاً تاماً بحيث لا يمكن التمييز بين مكوناته، تعرف المخاليط بالمحالييل. المحاليل هي مخاليط متجانسة تتكون من مادتين أو أكثر تعرف بالمذيب والمذاب، المذيب هو وسط الانتشار، أما المذاب فهو المادة الصلبة التي تذوب (المادة التي تذوب مادة ذائبة والمادة التي لا تذوب مادة غير ذائبة)، وهناك أنواع متعددة من المحاليل فمنها الصلبة والسائلة والغازية؛ اعتماداً على الحالة الفيزيائية للمذيب.

#### First: Homogeneous Mixture:

It is a mixture whose components are so thoroughly mixed that its components cannot be distinguished, mixtures are known as solutions.

Solutions are homogeneous mixtures consisting of two or more substances known as solvent and solute, the solvent is the diffuse medium, while the solute is the solid substance that dissolves (the substance that dissolves is a soluble substance and the substance that does not dissolve is an insoluble substance).

There are several types of solutions, including solid, liquid, and gaseous, depending on the physical state of the solvent.

#### ثانياً: المخلوط غير المتجانس:

هو مخلوط لا تتمزج مكوناته معاً، بحيث يمكن التمييز بين مكوناته، وهناك نوعان من المخاليط غير المتجانسة:

#### Second: Heterogeneous Mixture:

It is a mixture whose components do not mix together, so that its components can be distinguished, and there are two types of heterogeneous mixtures:

1- **المخلوط المعلق:** جسيمات المخلوط أكبر من جسيمات الوسط، بالتالي من الممكن فصل المعلقات باستخدام الترشيح والترسيب والطررد المركزي، وتنفصل إلى طبقتين واضحتين إذا تركت دون تحريك، مثال: الوحل.

1- **Suspension mixture:** The particles of the mixture are larger than those of the medium; therefore, suspensions can be separated by filtration, sedimentation, or centrifugation. They separate into two distinct layers if left undisturbed. Example: mud.

2- **المخلوط الغروي:** جسيماته متوسطة، لا تترسب ولا يمكن فصل مكوناته بالترويق أو الترشيح. المادة الأكثر توافراً في المخلوط تعرف بوسط الانتشار، وهناك عدة أنواع من المخاليط الغروية تصنف تبعاً للحالة الفيزيائية لوسط الانتشار.

تتميز المخاليط الغروية بوجود قوى تجاذب كهروستاتيكية فيما بينها، كما تتصادم جسيمات الوسط مع الجسيمات المنتشرة مسببة ما يعرف بالحركة البراونية وهي حركة عشوائية عنيفة تقوم بها الجسيمات المنتشرة مما يمنع ترسيبها.

2- **Colloidal mixture:** Its particles are medium, they do not precipitate and its components cannot be separated by marinating or filtration. The most abundant

substance in the mixture is known as the diffusion medium, and there are several types of colloidal mixtures that are classified according to the physical condition of the diffusion medium.

Colloidal mixtures are characterized by the presence of electrostatic forces of attraction between them, and the particles of the medium collide with the scattered particles, causing what is known as Brownian motion, which is a violent random movement made by the scattered particles, which prevents their deposition.

### Factors Affecting Solvation

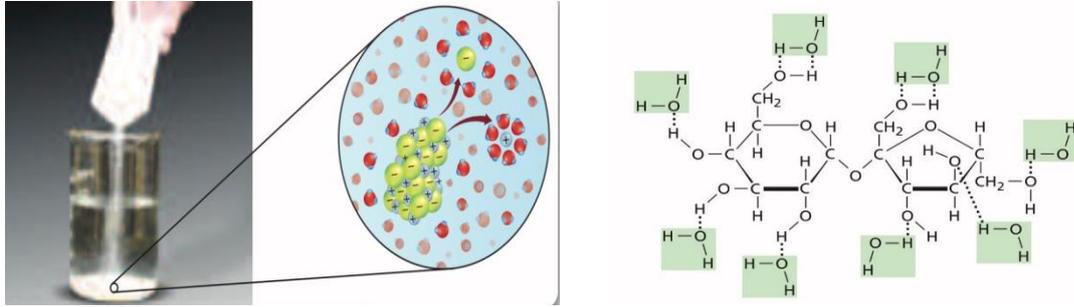
### العوامل المؤثرة في الذوبان

الذوبان: هي عملية إحاطة جسيمات المذاب بجسيمات المذيب.

**Solvation:** It is the process in which solvent particles surround solute particles .

من أهم القواعد في عملية الذوبان أن المذيبات تذيب أشباهها، لذلك نجد أن المركبات القطبية والأيونية تذوب في الماء، عن طريق اصطدام جزيئات الماء بسطح البلورة ثم تجذب أقطاب جزيئات الماء المشحونة أيونات الصوديوم وأيونات الكلوريد، وفيما يخص المركبات الجزيئية كالكسكروز لا يحدث هذا التجاذب، فعندما تصطدم جزيئات الماء بسطح البلورة يتم تكوين روابط هيدروجينية بين جزيئات الماء ومجموعة الهيدروكسيل في الجزيء. أما الزيت فلا يذوب في الماء ويفسر ذلك القاعدة السابقة؛ حيث أن الماء قطبي والزيت غير قطبي.

One of the most important rules in the process of dissolving is that solvents dissolve their resembles, so we find that polar and ionic compounds dissolve in water, by colliding water molecules with the surface of the crystal and then the electrodes of the charged water molecules attract sodium ions and chloride ions, and in the case of molecular compounds such as sucrose, this attraction does not occur, so when the water molecules collide with the surface crystal hydrogen bonds are formed between the water molecules and the hydroxyl group in the molecule. As for oil, it does not dissolve in water, and this explains the previous rule, since water is polar and oil is non-polar.



الشكل 5-6: عملية الذوبان في المركبات الأيونية والجزيئية

Figure 6-5: The process of solubilization in ionic and molecular compounds

### العوامل المؤثرة في الذوبان:

- 1- التحريك: تسمح عملية التحريك بإبعاد الجسيمات عن بعضها البعض مما يسرع من حدوث التصادمات بين جسيمات المذاب والمذيب.
- 2- مساحة السطح: الزيادة في مساحة السطح تزيد من عدد التصادمات بين الجسيمات.
- 3- درجة الحرارة: غالبًا ما تزداد سرعة الذوبان بزيادة درجة الحرارة بسبب زيادة الطاقة الحركية للجسيمات مما يزيد من سرعة حدوث التصادمات، إلا أن ذوبان بعض المواد الأخرى، ومنها الغازات، يقل بزيادة درجة الحرارة.

### Factors affecting solubility:

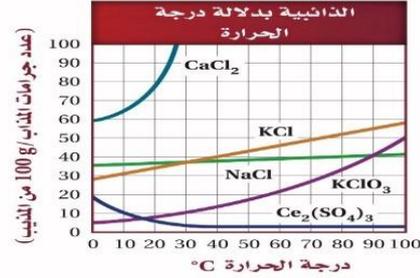
- 1-Stirring: The stirring process allows particles to be moved away from each other, which speeds up collisions between solute particles and solvent.
- 2-Surface area: The increase in surface area increases the number of collisions between particles.

3-Temperature: The rate of dissolution usually increases with rising temperature because the particles gain more kinetic energy, which leads to more frequent collisions. However, the solubility of some substances, including gases, decreases as the temperature increases.

**الذائبية:** هي أقصى كمية من المذاب يمكن أن تذوب في كمية محددة من المذيب عند درجة حرارة معينة.

**Solubility:** The maximum amount of solute that can be dissolved in a specific amount of solvent over a given temperature.

الشكل 6-6: منحنى الذائبية لعدد من المواد عند درجات حرارة مختلفة  
Figure 6-6: Solubility curve of a number of materials at different temperatures



اعتمادًا على كمية المذاب المتواجدة في المحلول تظهر لدينا ثلاثة أنواع من المحاليل:

المحلول غير المشبع: يحتوي على كمية أقل من المذاب

المحلول المشبع: يحتوي على أكبر كمية من المذاب ذائبة في كمية محددة من المذيب.

المحلول فوق المشبع: يحتوي على كمية أكبر من المادة المذابة مقارنة بمحلول مشبع.

يمكن إعداد المحلول الفوق مشبع عن طريق تحضير محلول مشبع عند درجات عالية ثم تركه يبرد تدريجيًا وببطء، المحاليل فوق المشبعة غير ثابتة فعند إضافة نواة تبلور إلى محلول فوق مشبع تترسب المادة المذابة الزائدة مكونة بلورات، كذلك يمكن حدوث التبلور من خلال كشط الجزء الداخلي للإناء.

**Depending on the amount of solute present in the solution, we have three types of solutions:**

Unsaturated solution: contains less solute

Saturated solution: It contains the largest amount of solute dissolved in a specific amount of solvent.

Supersaturated solution: It contains a greater amount of solute as compared to a saturated solution.

The supersaturated solution can be prepared by preparing a saturated solution at high degrees and then letting it cool gradually and slowly, the supersaturated solution is not stable, when a crystallization nucleus is added to a supersaturated solution, the excess solute is deposited forming crystals, as well as crystallization can occur by scraping the inside of the vessel.

## Solubility of Gases

## ذائبية الغازات

تقل ذائبية غازي الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون عند درجات الحرارة المرتفعة مقارنة بدرجات الحرارة المنخفضة. وهذا سلوك متوقع لجميع المواد الغازية المذابة في المذيبات السائلة. هل تستطيع تفسير هذا السلوك؟ تذكر أن الطاقة الحركية لجسيمات الغاز تسمح للجسيمات بالتحرك أو النفاذ من المحلول بسهولة أكبر عند درجات الحرارة المرتفعة. ولذلك كلما زادت درجة حرارة المحلول قلت ذائبية المذاب الغازي.

The solubility of oxygen and carbon dioxide decreases at higher temperatures compared to lower temperatures. This is expected behavior for all gaseous substances dissolved in liquid solvents. Can you explain this behavior? Remember that the kinetic energy of gas particles allows them to escape or escape from the solution more easily at higher temperatures. Therefore, the higher the temperature of the solution, the lower the solubility of the gaseous solute.

## Pressure and Henry's Law

## الضغط وقانون هنري

يؤثر الضغط في ذائبية المواد الغازية المذابة في المحاليل؛ فكلما ازداد الضغط فوق المحلول زادت ذائبية الغاز في أي مذيب. تعتمد المشروبات الغازية على هذا المبدأ؛ فهي تحتوي على غاز ثاني أكسيد الكربون المذاب في محلول مائي تحت ضغط أعلى من الضغط الجوي، وعند فتح علبة المشروب الغازي يكون ضغط غاز ثاني أكسيد الكربون داخل العلبة أعلى من الضغط الواقع خارج العلبة.

Pressure affects the solubility of gaseous substances dissolved in solutions; the higher the pressure above the solution, the greater the solubility of the gas in any solvent. Carbonated drinks operate on this principle; they contain carbon dioxide dissolved in an aqueous solution under pressure higher than atmospheric pressure. When a can of carbonated drink is opened, the pressure of the carbon dioxide inside the can is higher than the pressure outside the can.

ينص قانون هنري على " تتناسب ذائبية الغاز في سائل (S) تناسباً طردياً مع ضغط الغاز (P) الموجود فوق السائل عند ثبوت درجة الحرارة". فعندما تكون قارورة المشروب الغازي مغلقة، يعمل الضغط الواقع فوق المحلول على إبقاء غاز ثاني أكسيد الكربون ذائباً في المحلول. ويمكن تمثيل هذه العلاقة كما يلي:

Henry's Law states that "the solubility of a gas in a liquid (S) is directly proportional to the pressure (P) of the gas above the liquid at a constant temperature." When the bottle of soft drink is closed, the pressure above the solution keeps the carbon dioxide dissolved. This relationship can be represented as:

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

### Solution Concentration

### تركيز المحلول

**تركيز المحلول:** مقياس يعبر عن كمية المذاب الذائبة في كمية محددة من المذيب أو المحلول.

**Solution Concentration:** A measure that expresses the amount of solute dissolved in a specific amount of solvent or solution

**كيفية التعبير عن التركيز:** يمكن التعبير عن التركيز وصفيًا (مركّزًا أو مخفّفًا) أو كميًا باستخدام عدد من الطرق التي تُعبر عن التركيز كميًا ويمكن تحديد الطريقة المناسبة للاستخدام تبعًا لنوع المحلول.

**How to express concentration:** Concentration can be expressed descriptively (concentrated or diluted) or quantitatively using a number of methods that quantitatively express concentration and the appropriate method for use can be determined depending on the type of solution.

النسبة	وصف التركيز Focus Description
$\text{Percentage by mass} = \frac{\text{Mass of solute}}{\text{Mass of solution}} \times 100$ $\frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100 = \text{النسبة المئوية بالكتلة}$	النسبة المئوية بالكتلة %m/m Percentage in terms of mass
$\text{Percentage by volume} = \frac{\text{Volume of solute}}{\text{Volume of solution}} \times 100$ $\frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}} \times 100 = \text{النسبة المئوية بالحجم}$	النسبة المئوية الحجمية %v/v Percentage in terms of volume
$M = \frac{\text{moles of solute}}{\text{liters of solution}}$ $\frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول باللتر}} = \text{المولارية (التركيز المولاري)}$	M Molarity (molar concentration)
$m = \frac{\text{moles of solute}}{\text{mass of solvent (kg)}}$ $\frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب بالكيلوجرام}} = \text{المولالية (التركيز المولالي)}$	m Molality (molal concentration)
$X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B}$ $\frac{\text{عدد مولات المكوّن (A)}}{\text{مجموع عدد المولات لجميع المكوّنات}} = \text{الكسر المولي لمكوّن (A)}$	الكسر المولي Molar fraction

**Example 6-5:**

**مثال 6-5:**

خليط كتلته 5.00 g من كبريتيد البوتاسيوم وكلوريد البوتاسيوم يحتوي على 2.80 g من البوتاسيوم. ما النسبة المئوية الكتلية لكبريتيد البوتاسيوم في هذا الخليط؟

A 5.00 g mixture of potassium sulfide and potassium chloride contains 2.80 g potassium. What percentage by mass of the mixture is potassium sulfide?

A	B	C	D
13.8%	19.2%	44.0%	96.1%

$$m_1 + m_2 = 5.00 \text{ g}$$

$$\frac{39.10 \times 2}{39.10 \times 2 + 32.06} m_1 + \frac{39.10}{74.55} m_2 = 2.80 \text{ g}$$

we get  $m_1 = 0.99 \text{ g}$  and  $m_2 = 4.01 \text{ g}$ .

$$\frac{0.99 \text{ g}}{5.00 \text{ g}} \times 100.0\% = 19.2\%$$

**Example 6-6:**

**مثال 6-6:**

ما حجم غاز الأمونيا بوحدة  $\text{dm}^3$  ( عند الظروف العادية RTP ) الذي يجب امتصاصه في  $1.000 \text{ dm}^3$  من الماء المقطر لتحضير محلول  $10 \text{ m/m}\%$ ؟ ما حجم المحلول إذا كانت كثافته  $0.957 \text{ g/cm}^3$ ؟

How many  $\text{dm}^3$  ammonia gas ( under RTP conditions ) should be absorbed in  $1.000 \text{ dm}^3$  distilled water so as to prepare a  $10 \text{ m/m}\%$  solution? what will be the volume of the solution if its density is  $0.957 \text{ g/cm}^3$ ?

.....

.....

.....

.....

.....

**Colligative Properties of Solutions**

**الخواص الجامعة للمحاليل**

الخواص الجامعة للمحاليل : خواص فيزيائية للمحاليل تتأثر بعدد جسيمات المذاب وليس بطبيعتها. وتشمل: الانخفاض في الضغط البخاري، الارتفاع في درجة الغليان، الانخفاض في درجة التجمد، الضغط الأسموزي.

**Aggregate properties of solutions:** The physical properties of solutions are affected by the number of particles in the solution and not by their nature.

They include: decrease in vapor pressure, high boiling temperature, decrease in freezing, osmotic pressure.

ولنتذكر: هناك نوعان من المحاليل المائية كما تعرفنا سابقاً:

- 1- مواد متأينة إلكترونوليتية (توصل التيار الكهربائي)، تتغير عدد جسيماته الناتجة في المحلول المائي، **مثال** كلوريد الصوديوم تنتج 2 mol من الجسيمات  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  بدلاً من 1 mol من  $\text{NaCl}$ .
- 2- مواد غير متأينة (لا توصل التيار الكهربائي) يبقى عدد المولات كما هو في المحلول المائي.

Let us remember: There are two types of aqueous solutions as we knew earlier:

- 1- Electrolytic ionized substances (conducting electric current), the number of particles produced in an aqueous solution change, e.g. sodium chloride produces 2 mol of  $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  particles instead of 1 mol of  $\text{NaCl}$ .

2- Non-ionized materials (do not conduct electricity) so that the number of moles remains the same in the aqueous solution.

أولاً: الانخفاض في الضغط البخاري  
الضغط البخاري: هو الضغط الناتج عن بخار السائل عندما يكون في حالة اتزان ديناميكي مع سائله في وعاء مغلق عند درجة حرارة وضغط ثابتين، وعند هذه النقطة تتساوى سرعتي التبخر والتكثف.  
الانخفاض في الضغط البخاري: عند ثبات كمية المذيب وتركيز المذاب، كلما ازداد عدد جسيمات المذاب في المحلول قلَّ الضغط البخاري للمذيب.

### First: Decrease in vapor pressure

**Vapor pressure:** The pressure produced by the vapor of a liquid when it is in dynamic equilibrium with its liquid in a closed vessel at a constant temperature and pressure, at which point the velocities of evaporation and condensation are equal.

**Vapor Pressure Lowering:** Assuming the amount of solvent and the solute concentration are constant, the greater the number of solute particles in the solution, the lower the solvent's vapor pressure.



مثال 6-7: رتب المركبات المتأينة التالية تصاعدياً حسب تأثيرها في الضغط البخاري:

**Example 6-7 :** Arrange the following ionized compounds in ascending order according to their effect on vapor pressure:

(a)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (b)  $\text{AlCl}_3$  (c)  $\text{NaCl}$

الحل: c ثم a ثم b

**Solution:** c , a, then b

ثانياً: الارتفاع في درجة الغليان:

درجة الغليان: هي درجة الحرارة التي يتعادل فيها الضغط البخاري مع الضغط الجوي.  
الارتفاع في درجة الغليان: هو الفرق بين درجة غليان المحلول ودرجة غليان المذيب النقي.

### Second: Boiling Point Elevation:

**Boiling Point:** The temperature at which the vapor pressure is equivalent to the atmospheric pressure.

**Boiling Point Elevation:** It is the difference between the boiling point of a solution and the boiling point of a pure solvent.

$$\Delta T_b = K_b \times m$$

ثالثاً: الانخفاض في درجة التجمد:

الفرق بين درجة تجمد المحلول ودرجة تجمد المذيب النقي.

### Third: Freezing Point Depression:

The difference between the freezing point of the solution and the degree of freezing of the pure solvent.

$$\Delta T_f = K_f \times m$$

مثال 6-8: يستعمل إيثيلين جلايكول EG,  $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}_2(\text{OH})$  ، عادة بوصفه مادة مانعة لتجمد الماء في السيارات، وهي ذائبة في الماء، وغير متطايرة إلى حد ما (درجة الغليان  $197^\circ\text{C}$ ). احسب درجة تجمد المحلول

الذي يحوي 651 g من هذه المادة في 2505 ماء. هل من المفيد الاحتفاظ بهذه المادة في سيارتك خلال فصل الصيف؟ الكتلة المولية للإيثيلين جلايكول تساوي 62.01 g.

**Example 6-8:** Ethylene glycol EG,  $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}_2(\text{OH})$ , usually used as a water antifreeze agent in automobiles, is water-soluble, and is fairly non-volatile (boiling point  $197^\circ\text{C}$ ). Calculate the freezing point of a solution containing 651 g of this substance in 2505 g water. Is it useful to keep this substance in your car during the summer? The molar mass of ethylene glycol is 62.01 g.

$$K_f = 1.86^\circ\text{C}/m \quad , \quad K_b = 0.52^\circ\text{C}/m$$

**الحل:**

يمكننا حساب الانخفاض في درجة التجمد للمحلول باستخدام

We can calculate the reduction in freezing of a solution using

$$\Delta T_f = K_f \times m$$

لحساب مولالية المحلول نحتاج أن نحسب عدد مولات EG وكتلة المذيب بالكيلو جرامات. نحسب الكتلة المولية للإيثيلين جلايكول. ومن ثم يتم تحويل كتلة المذيب إلى الكيلو جرام 2.525 ويتم حساب المولالية كما يأتي:

To calculate the molar of the solution, we need to calculate the number of moles of EG and the mass of the solvent in kilograms.

We calculate the molar mass of ethylene glycol. The mass of the solvent is then converted to 2.525 kg and the molar is calculated as follows:

$$651 \text{ g EG} \times \frac{1 \text{ mol EG}}{62.07 \text{ g EG}} = 10.5 \text{ mol EG}$$

المولالية = مولات المذاب / كتلة المذيب kg

Molarity = Moles of Solute / Solvent Mass kg

$$\frac{10.5 \text{ mol EG}}{2.505 \text{ Kg H}_2\text{O}} = 4.19 \text{ m}$$

$$\Delta T_f = K_f m = (1.86^\circ\text{C}/m)(4.19 \text{ m}) = 7.79^\circ\text{C}$$

ولكون الماء النقي يتجمد عند درجة  $0^\circ\text{C}$  فسيتجمد المحلول عند  $-7.79^\circ\text{C}$

Since pure water freezes at  $0^\circ\text{C}$  , the solution will freeze at  $-7.79^\circ\text{C}$

و نستطيع حساب الارتفاع في درجة الغليان نفسها حسب المعادلة الآتية:

We can calculate the rise in the boiling point itself according to the following equation:

$$\Delta T_b = K_b m = (0.52^\circ\text{C}/m)(4.19 \text{ m}) = 2.2^\circ\text{C}$$

ولأن المحلول سيغلي عند  $(100+2.2)$  أو  $102.2^\circ\text{C}$  ، فمن الأفضل الاحتفاظ بالمادة المانعة للتجمد في السيارة خلال فصل الصيف لمنع الماء من الغليان.

Because the solution will boil at  $100+2.2$  or  $102.2^\circ\text{C}$ , it is best to keep the antifreeze in the car during the summer to prevent the water from boiling.

**مثال 6-9:** احسب درجتي الغليان والتجمد لمحلول يحوي 478 g من الإيثيلين جلايكول ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ ) في 3202 g ماء.

**Exercise 6-9:** Calculate the boiling and freezing of a solution containing 478 g of ethylene glycol ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ ) in 3202 g water.

$$K_f = 1.86^\circ\text{C}/m \quad , \quad K_b = 0.52^\circ\text{C}/m$$

.....  
.....  
.....  
.....

Exercise

تدريبات

تدريب 6-1

ما تركيز  $H_2O_2$  في المحلول الذي يحتوي على 30.0% من كتلة بيروكسيد الهيدروجين وكثافته  $1.11 \text{ g/cm}^3$ .

What is the concentration of  $H_2O_2$  in a solution that is 30.0% by mass hydrogen peroxide and has a density of  $1.11 \text{ g cm}^3$ ?

A	B	C	D
9.79 M	12.6 M	18.5 M	32.6 M

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

تدريب 6-2

تم خلط  $100 \text{ cm}^3$  من محلول حمض الهيدروكلوريك تركيزه  $0.100 \text{ mol/dm}^3$  وكثافة تساوي  $1.000 \text{ g/cm}^3$  مع  $100 \text{ cm}^3$  من محلول نترات الفضة تركيزه  $0.100 \text{ mol/dm}^3$  وكثافة تساوي  $1.010 \text{ g/cm}^3$ . تكون محلول من عملية الخلط كثافة  $1.015 \text{ g/cm}^3$ . حدد مولارية هذا المحلول بعد تصفية المحلول من الراسب المتكون؟

$100 \text{ cm}^3$  of a solution of hydrochloric acid with a concentration of  $0.100 \text{ mol/dm}^3$  and a density equal to  $1.000 \text{ g/cm}^3$  was mixed with  $100 \text{ cm}^3$  of a solution of silver nitrate with a concentration of  $0.100 \text{ mol/dm}^3$  and a density equal to  $1.010 \text{ g/cm}^3$ . The mixing process formed a solution with a density of  $1.015 \text{ g/cm}^3$ . Determine the molarity of this solution after filtering the solution from the precipitate?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Answer key

مفتاح الإجابة

Example

الأمثلة

6-2

(a) قوى ثنائية القطب / (b) قوى تشتت (c) قوى تشتت وقوى ثنائية القطب

(a) dipole forces/ (b) dispersion forces (c) dispersion forces and dipole forces

6-4

a

6-6

$$\text{the mass of the solution formed } m_s = 1000 \text{ g} + m(\text{NH}_3)$$

$$\frac{m(\text{NH}_3)}{m_s} = \frac{10}{100} = 0.1 = \frac{m(\text{NH}_3)}{1000 + m(\text{NH}_3)} \Rightarrow m(\text{NH}_3) = 111.1 \text{ g}$$

$$n_{\text{NH}_3} = \frac{111.1}{17.0} = 6.535 \text{ mol}$$

$$V_m = \frac{V}{n} \rightarrow V = n \times V_m = 6.535 \text{ mol} \times \frac{24.5 \text{ dm}^3}{\text{mol}} = 160.1 \text{ dm}^3$$

$$m_s = 1000 + 111.1 = 1111.1 \text{ g}$$

$$V_s = \frac{1111.1 \text{ g}}{0.957 \text{ g/cm}^3} = 1161 \text{ cm}^3$$

6-9

محلول إيثيلين جلايكول غير متأين، غير متطاير: (i=1)

$$n = \frac{478}{62.07} \approx 7.701 \text{ mol}$$

$$m = \frac{7.701}{3.202} \approx 2.405 \text{ m}$$

$$\Delta T_b = iK_b m = 0.512 \times 2.405 \approx 1.231 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow T_b \approx 101.23 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_f = iK_f m = 1.86 \times 2.405 \approx 4.47 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow T_f \approx -4.47 \text{ }^\circ\text{C}$$

Exercise

التدريبات

6-1

$$1.11 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times \frac{30.0\%}{100\%} = 0.33 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

$$0.333 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \times \frac{1}{34.01} \times \frac{1000 \text{ mL}}{\text{L}} = 9.79 \text{ M}$$

6-2

The reaction :  $\text{HCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl} + \text{HNO}_3$

$$n_{\text{AgNO}_3} = M_{\text{AgNO}_3} \times V = \frac{0.1000 \text{ mol}}{\text{dm}^3} \times 0.1000 \text{ dm}^3 = 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCl}} = M_{\text{HCl}} \times V = \frac{0.1000 \text{ mol}}{\text{dm}^3} \times 0.1000 \text{ dm}^3 = 10^{-2} \text{ mol}$$



$$m_{\text{AgCl}} = n_{\text{AgCl}} \times M_w = 10^{-2} \times 143.32 = 1.4332 \text{ g}$$

$$m_{\text{AgNO}_3} = D_{\text{AgNO}_3} \times V = \frac{1.010 \text{ g}}{\text{cm}^3} \times 100 \text{ cm}^3 = 101 \text{ g}$$

$$m_{\text{HCl}} = D_{\text{HCl}} \times V = \frac{1.000 \text{ g}}{\text{cm}^3} \times 100 \text{ cm}^3 = 100 \text{ g}$$

$$\text{the solution formed} = 100 + 101 - 1.4332 = 199.5668 \text{ g}$$

$$V_s = \frac{m_s}{D_s} = \frac{199.5668}{1.015} = 196.618 \text{ cm}^3$$

$$C_{\text{HNO}_3} = \frac{n_{\text{HNO}_3}}{V_{\text{HNO}_3}} = \frac{10^{-2} \text{ mol}}{0.196618 \text{ dm}^3} = 0.051 \text{ M}$$

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
I.A	VIII.A																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.0
<b>H</b>	<b>He</b>	<b>Li</b>	<b>Be</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>F</b>	<b>Ne</b>	<b>Na</b>	<b>Mg</b>	<b>Al</b>	<b>Si</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Cl</b>	<b>Ar</b>
1.0	1.5	0.9	1.2	10.8	12.0	14.0	16.0	19.0	20.2	23.0	24.3	27.0	28.1	31.0	32.0	35.5	40.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<b>Fr</b>	<b>Ra</b>	<b>Ac</b>	<b>Rf</b>	<b>Db</b>	<b>Sg</b>	<b>Bh</b>	<b>Hs</b>	<b>Mt</b>	<b>Ds</b>	<b>Rg</b>	<b>Cn</b>	<b>Nh</b>	<b>Fl</b>	<b>Mc</b>	<b>Lv</b>	<b>Ts</b>	<b>Og</b>
0.7	0.9	1.1	1.1	1.5	1.7	1.9	2.2	2.2	2.2	2.4	1.9	1.8	1.8	1.9	2.0	2.2	2.2
132.9	137.3	138.9	178.5	180.9	183.8	186.2	190.2	192.2	195.1	197.0	200.6	204.4	207.2	209.0	209.9	210.0	222.0
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
<b>Cs</b>	<b>Ba</b>	<b>La</b>	<b>Hf</b>	<b>Ta</b>	<b>W</b>	<b>Re</b>	<b>Os</b>	<b>Ir</b>	<b>Pt</b>	<b>Au</b>	<b>Hg</b>	<b>Tl</b>	<b>Pb</b>	<b>Bi</b>	<b>Po</b>	<b>At</b>	<b>Rn</b>
0.7	0.9	1.1	1.3	1.3	1.5	1.9	2.2	2.2	2.2	2.4	1.9	1.8	1.8	1.8	2.0	2.2	2.2
132.9	137.3	138.9	178.5	180.9	183.8	186.2	190.2	192.2	195.1	197.0	200.6	204.4	207.2	209.0	209.9	210.0	222.0
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
<b>Rb</b>	<b>Sr</b>	<b>Y</b>	<b>Zr</b>	<b>Nb</b>	<b>Mo</b>	<b>Tc</b>	<b>Ru</b>	<b>Rh</b>	<b>Pd</b>	<b>Ag</b>	<b>Cd</b>	<b>In</b>	<b>Sn</b>	<b>Sb</b>	<b>Te</b>	<b>I</b>	<b>Xe</b>
0.8	1.0	1.3	1.4	1.6	1.8	1.9	2.2	2.2	2.2	2.2	1.7	1.7	1.8	1.9	2.1	2.5	2.5
85.5	87.6	88.9	91.2	92.9	95.9	98.9	101.1	102.9	106.4	107.9	112.4	114.8	118.7	121.8	127.6	126.9	131.3
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Sc</b>	<b>Ti</b>	<b>V</b>	<b>Cr</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Ga</b>	<b>Ge</b>	<b>As</b>	<b>Se</b>	<b>Br</b>	<b>Kr</b>
0.8	1.0	1.3	1.3	1.4	1.6	1.9	2.2	2.2	2.2	1.9	1.7	1.6	1.8	2.0	2.4	2.8	2.8
39.1	40.1	45.0	47.9	50.9	52.0	54.9	55.8	58.9	58.7	63.5	65.4	69.7	72.6	74.9	79.0	79.9	83.8
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
<b>Na</b>	<b>Mg</b>	<b>Al</b>	<b>Si</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Cl</b>	<b>Ar</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Sc</b>	<b>Ti</b>	<b>V</b>	<b>Cr</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>
0.8	1.0	1.3	1.3	1.4	1.6	1.9	2.2	2.2	2.2	1.9	1.7	1.6	1.8	2.0	2.4	2.8	2.8
23.0	24.3	27.0	28.1	31.0	32.0	35.5	39.1	40.1	45.0	47.9	50.9	52.0	54.9	55.8	58.9	58.7	63.5
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
<b>Na</b>	<b>Mg</b>	<b>Al</b>	<b>Si</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Cl</b>	<b>Ar</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Sc</b>	<b>Ti</b>	<b>V</b>	<b>Cr</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>
1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
10.8	12.0	14.0	16.0	19.0	20.2	23.0	24.3	27.0	28.1	31.0	32.0	35.5	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
<b>B</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>F</b>	<b>Ne</b>	<b>Na</b>	<b>Mg</b>	<b>Al</b>	<b>Si</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Cl</b>	<b>Ar</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Sc</b>	<b>Ti</b>
2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
10.8	12.0	14.0	16.0	19.0	20.2	23.0	24.3	27.0	28.1	31.0	32.0	35.5	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>Li</b>	<b>Be</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>F</b>	<b>Ne</b>	<b>Na</b>	<b>Mg</b>	<b>Al</b>	<b>Si</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Cl</b>	<b>Ar</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>
1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
6.9	9.0	10.8	12.0	14.0	16.0	19.0	20.2	23.0	24.3	27.0	28.1	31.0	32.0	35.5	40.0	40.0	40.0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>H</b>	<b>He</b>	<b>Li</b>	<b>Be</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>F</b>	<b>Ne</b>	<b>Na</b>	<b>Mg</b>	<b>Al</b>	<b>Si</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Cl</b>	<b>Ar</b>
1.0	4.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
1.0	4.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

PERIODIC TABLE

EN\*  
atomic number  
Chem. symbol  
relative atomic mass

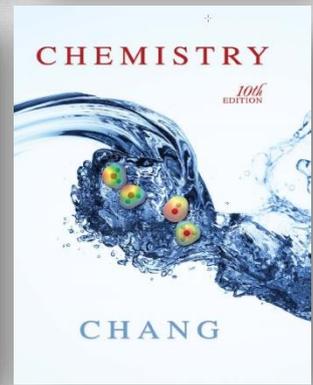
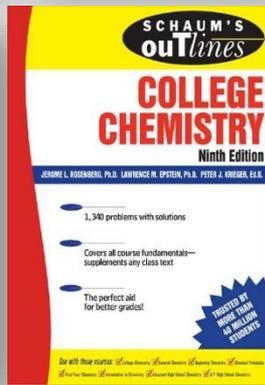
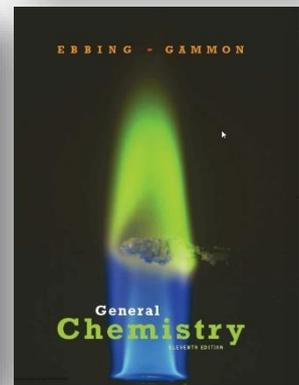
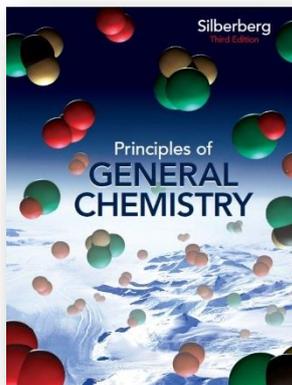
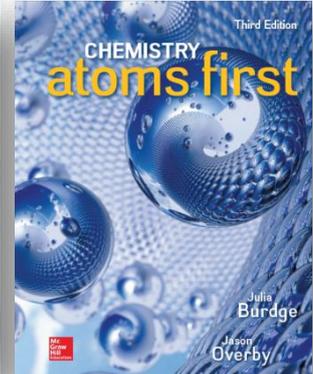
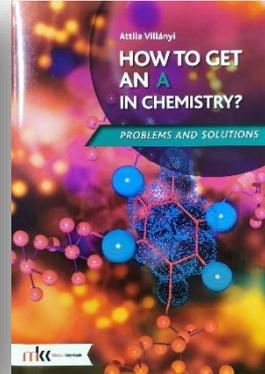
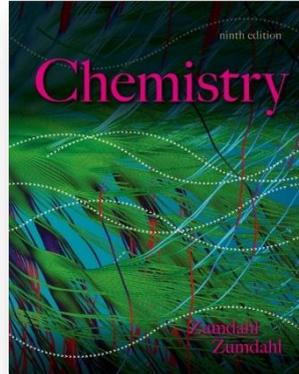
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
140.1	140.9	144.2	[145]	150.4	152.0	157.3	158.9	162.5	164.9	167.3	168.9	173.0	175.0
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
132.9	140.9	144.2	145.0	146.9	149.0	151.9	154.9	157.9	160.9	163.9	166.9	170.0	173.0
<b>Th</b>	<b>Pa</b>	<b>U</b>	<b>Np</b>	<b>Pu</b>	<b>Am</b>	<b>Cm</b>	<b>Bk</b>	<b>Cf</b>	<b>Es</b>	<b>Fm</b>	<b>Md</b>	<b>No</b>	<b>Lr</b>
1.3	1.5	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
232.0	231.0	238.0	[237]	[244]	[243]	[247]	[247]	[251]	[252]	[257]	[258]	[259]	[262]

\* EN: electronegativity

## المصادر والمراجع العلمية

• وزارة التعليم . سلسلة مقررات الكيمياء في المرحلة الثانوية ( نظام المسارات ) ، المملكة العربية السعودية ، 2025 .

- Burdge , Julia and Jason Overby . Chemistry - atoms first , Third Edition . USA : McGraw-Hill , 2018 .
- Chang, Raymond. Chemistry, Tenth Edition. USA: McGraw-Hill, 2010.
- Ebbing , Darrell D and Steven D. Gammon . General Chemistry , Eleventh Edition . USA : Cengage Learning , 2015 .
- Rosenberg , Jerome L and Others . Schaum's Outline Theory and Problems of College Chemistry , Ninth Edition . USA : McGraw-Hill , 2007 .
- Silberberg , Martin S . Principles of General Chemistry , Third Edition . USA : McGraw-Hill , 2013 .
- Villanyi , Attila . How to Get an A in Chemistry ? , Budapest : Muszaki KonyvKiado , 2021 .
- Zumdahl , Steven S and Susan A. Zumdahl . Chemistry , Ninth Edition . USA : Brooks Cole , 2014 .

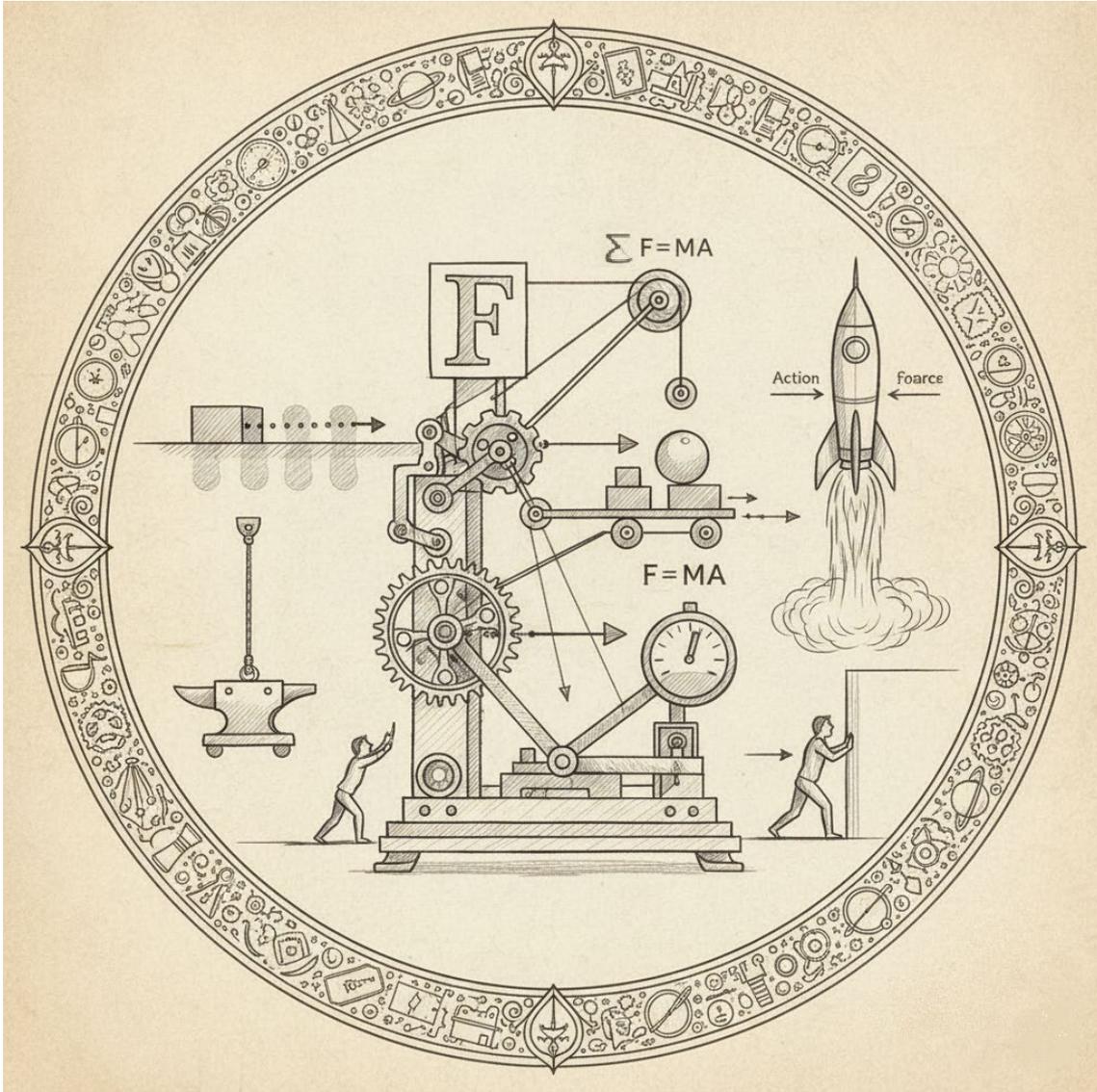


# فيزياء

## 1 المحتويات

المحتويات .....	1
الفصل الأول: قوانين الحركة .....	2
2.1 مفهوم القوة .....	4
2.2 القانون الأول لنيوتن .....	6
2.2.1 الأطر القصورية .....	7
2.2.2 القصور الذاتي .....	8
2.3 القانون الثاني لنيوتن .....	9
2.3.1 قوة الجاذبية والوزن .....	11
2.4 القانون الثالث لنيوتن .....	12
2.4.1 القوة العمودية .....	13
2.4.2 المصعد والوزن الظاهري .....	14
2.5 تطبيقات على قوانين نيوتن .....	15
2.5.1 تسارع نظام مكون من عدة أجسام .....	15
2.5.2 البكرات الملساء: .....	17
2.6 قوى الاحتكاك .....	20
2.6.1 قوة الاحتكاك السكوني القصوى: .....	20
2.6.2 قوة الاحتكاك الحركي: .....	21
2.7 أسئلة إضافية: .....	25
3 الفصل الثاني: الحركة الدائرية .....	29
3.1 الحركة الدائرية المنتظمة: .....	30
3.1.1 الحركة الدائرية العمودية .....	33
3.2 الحركة الدائرية غير المنتظمة .....	35
3.3 أسئلة إضافية .....	38

## 2 الفصل الأول: قوانين الحركة



في الفصول السابقة في الميكانيكا، قمنا بوصف الحركة بدلالة الإزاحة والسرعة المتجهة والتسارع، ولم نتطرق لدراسة الأسباب الكامنة وراءها. فلم نسأل: ما الذي يسبب الحركة؟ ولماذا يكون جسم ما ساكناً وآخر متحركاً؟ وما الذي يجعل جسم يتسارع أو يتباطأ؟ إن الإجابة على ذلك تعني أننا سندرس القوة ونربطها بالحركة، وهو ما يعرف بعلم التحريك Dynamics، وبذلك فإننا سنعرّف القوة، ونناقش أنواع مختلفة منها مثل الوزن والقوى العمودية وقوى الاحتكاك، وستعرض لقوانين نيوتن الثلاث والتي وضعت منذ ثلاثة قرون بواسطة العالم إسحاق نيوتن Isaac Newton، وشكلت تحولاً هاماً ساعدنا في فهم الحركة أكثر، وسنطبق قوانين نيوتن على مسائل واقعية.

## 2.1 مفهوم القوة

تُعدّ القوة (Force) من المفاهيم الأساسية في الفيزياء، إذ تُستخدم لوصف التفاعل الذي يمكن أن يغيّر حالة حركة جسمٍ ما أو شكله. فعندما تؤثر قوة على جسم ساكن قد تجعله يتحرك، وعندما تؤثر على جسم متحرك قد تغيّر سرعته أو اتجاهه. القوة ليست شيئاً ملموساً، بل هي مؤثر خارجي يظهر أثره من خلال تسارع الجسم أو تغيّر شكله.

تقاس القوة في النظام الدولي بوحدة النيوتن (N)، وهي كمية متجهة، أي أن لها مقداراً واتجهاً ونقطة تأثير. وتتنوع القوى في الطبيعة بين الجاذبية التي تسحب الأجسام نحو الأرض، والشدّ في الحبال، والعمودية الناتجة عن السطوح، والاحتكاك الذي يعوق الحركة، والقوة المطبقة الناتجة عن الدفع أو السحب المباشر.

تُعدّ دراسة القوى أساس فهم ديناميكا الأجسام، إذ ترتبط ارتباطاً وثيقاً بقوانين نيوتن للحركة التي تفسر كيف ولماذا تتحرك الأجسام أو تبقى ساكنة.



- القوة كمية متجهة، أي أن لها اتجاهاً كما أن لها قيمة، وهي بذلك تتبع قوانين جمع المتجهات كما تمت مناقشتها سابقاً، وعليه نستطيع أن نمثل أي قوة بسهم على المخطط البياني، بحيث يدل اتجاه السهم على اتجاه القوة، أما طول السهم فيكون متناسباً مع قيمة القوة المؤثرة.
- لا تسبب القوى الحركة دائماً، كمثال على ذلك عندما تجلس لقراءة هذا الكتاب، تؤثر على جسمك قوة الجاذبية الأرضية، ولكنك تظل ساكناً، وكمثال آخر يمكنك التأثير بقوة ضخمة على صخرة، ولكنك لا تستطيع أن تحركها.
- وحدة قياس القوة في النظام الدولي للوحدات SI هي النيوتن (N)، وفي النظام الفرنسي للوحدات CGS هي الداين (dyne) :  $1 \text{ dyne} = 10^{-5} \text{ N}$

## تصنيف القوى

- قوى التلامس: تتطلب تلامس بين جسمين مثل قوى الشد أو الدفع.
- قوى المجال: يكون التأثير عبر المجال بدون تلامس مباشر مثل قوى التجاذب الكهربائية أو التجاذب بين الكتل..

## مصطلحات مهمة:

النظام: هو الجسم أو الأجسام موضع الدراسة.

المحيط: كل ما يحيط بالنظام ويؤثر فيه بقوى.

مخطط الجسم الحر: نموذج تخطيطي يعد بالطريقة التالية:

(1) نختصر النظام كنقطة ونضعها في مركز نظام الإحداثيات.

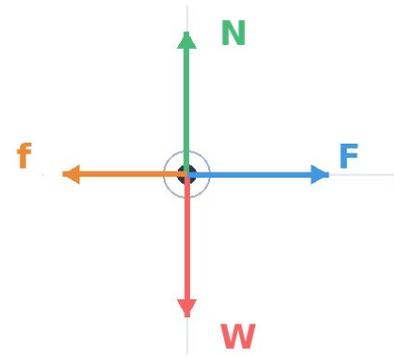
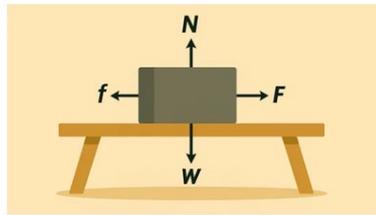
(2) نرسم القوى المؤثرة على النظام كمتجهات مع مراعاة الأطوال (متناسبة مع المقادير) والاتجاهات.

(3) القوى في اتجاهات  $+x$ ,  $+y$  تكون موجبة، والقوى في اتجاهات  $-x$ ,  $-y$  تكون سالبة.

## مثال 3-1

الشكل التالي يوضح مخطط الجسم الحر للقوى المؤثرة على صندوق يتحرك نحو اليمين تحت تأثير قوة شد نحو اليمين:

لاحظ أننا نرسم القوى المؤثرة على الصندوق فقط، ولم نهتم بالقوى المؤثرة على الطاولة من الأرض أو من الصندوق نفسه.



## 2.2 القانون الأول لنيوتن

اعتقد أرسطو (384-322 ق.م) أن القوة ضرورية لإبقاء الجسم متحركًا على سطح أفقي، فكان يرى أن الحالة الطبيعية للجسم هي السكون، وأن الجسم يحتاج إلى قوة مستمرة تؤثر فيه ليبقى متحركًا، كما افترض أن سرعة الجسم تزداد بازدياد القوة المؤثرة عليه.

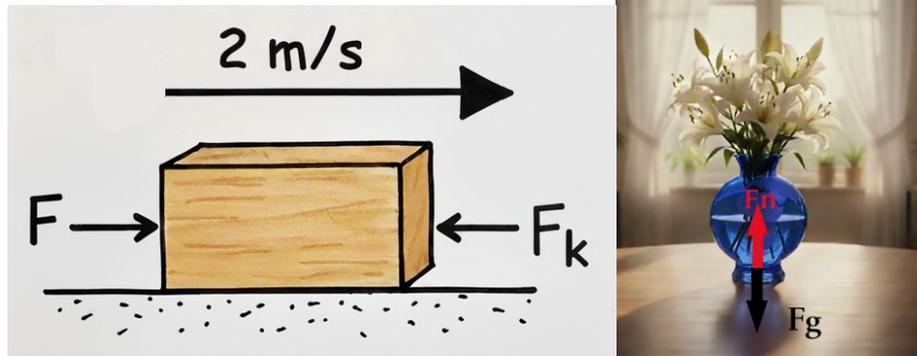
لكن بعد نحو ألفي عام، خالفه جاليليو جاليلي، حيث جادل بأن الحالة الطبيعية للجسم هي الاستمرار في الحركة بسرعة متجهة ثابتة (أي بسرعة واتجاه ثابتين)، أو البقاء ثابتًا في موضعه إذا لم تؤثر عليه قوى خارجية.

وللتوضيح، نتخيل جسمًا موضوعًا على سطح طاولة مدهون بمادة زيتية مثالية بحيث ينعدم الاحتكاك تمامًا. فإذا دُفع الجسم مرة واحدة، فإنه سيستمر بالحركة بسرعة ثابتة دون أن يتأثر بأي قوة احتكاك.

كانت هذه الفكرة العبقريّة من جاليليو - فكرة انعدام الاحتكاك- أساسًا مهمًا لفهم أعمق للعالم من حولنا. وبناءً على هذا الأساس الذي وضعه جاليليو، بنى إسحاق نيوتن نظريته العظيمة في الحركة، والتي لخصها في قوانين الحركة الثلاثة المشهورة ضمن كتابه "المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية" الذي نُشر عام 1687م. وقد أقرّ نيوتن بفضل جاليليو عليه، إذ يتطابق قانون نيوتن الأول في الحركة إلى حدّ كبير مع استنتاجات جاليليو، ويُعرف أيضًا باسم قانون القصور الذاتي.

"يظل الجسم الساكن في حالة سكون، والجسم المتحرك يظل متحركًا بسرعة ثابتة وفي خط مستقيم ما لم يتم التأثير عليه بقوى غير متوازنة. أو إذا لم تؤثر عليه قوة محصلة"

لاحظ كيف يتم تطبيق قانون نيوتن الأول على الصندوق عندما يتحرك بسرعة ثابتة في خط مستقيم، وعلى المزهريّة الساكنة.



وفي الحالتين:  $\sum \vec{F} = 0$  و  $a = 0$

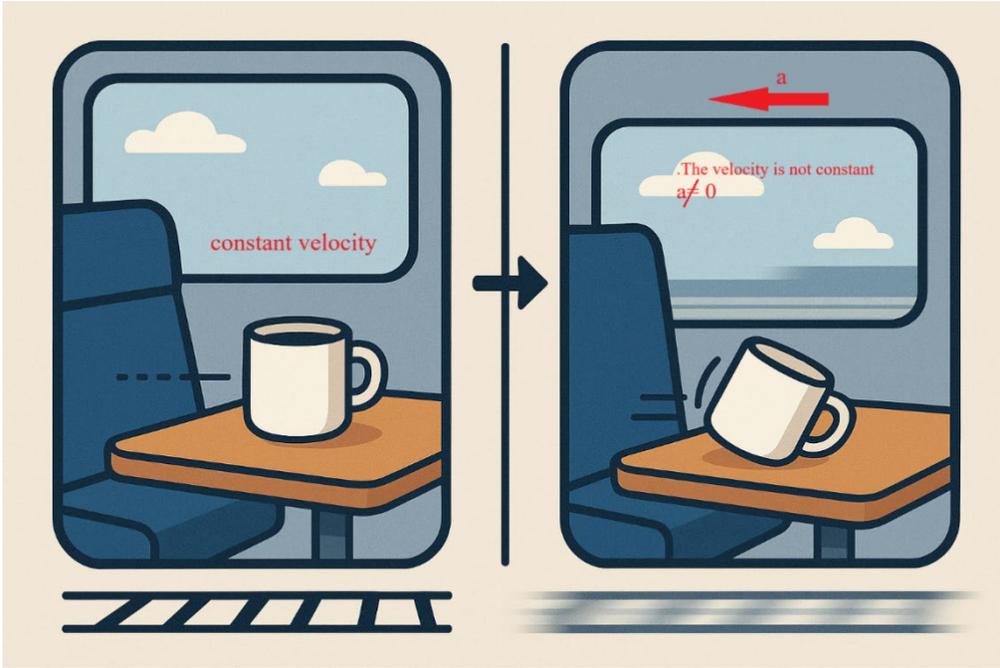
والسرعة أما تساوي الصفر  $v = 0$  أو ثابتة  $v = constant$

وتكون الأجسام عند ذلك في حالة توازن ساكن أو حركي انتقالي.

### 2.2.1 الأطر القصورية

نعني بإطار ببساطة أي المراقب أو المشاهد لحدث ما، مجموعة خاصة من أطر الإسناد تسمى أطر الإسناد القصورية، وهي الأطر غير المتسارعة. وحيث أن قانون نيوتن الأول يتعلق فقط بالأجسام التي ليس لها تسارع، فإنه يتحقق فقط في الأطر الساكنة.

نستطيع أن نقول: من غير الممكن تطبيق قانون نيوتن الأول في الأطر المرجعية جميعها، وعلى سبيل المثال لو كان الإطار المرجعي ثابتاً داخل قطار يتسارع، فهناك احتمال أن يبدأ الكوب المثبت على رف السيارة الأمامي بالتحرك باتجاه الراكب (علماً بأن الكوب سيبقى ثابتاً في موضعه طوال فترة تحرك القطار بسرعة ثابتة)، وقد يبدأ الكوب بالتسارع باتجاه الراكب على الرغم من عدم تأثره بأي قوة بذلك الاتجاه.



وعليه فإن قانون نيوتن الأول غير صالح، ولا يمكن تطبيقه خلال الأطر المرجعية المتسارعة. ونستطيع الافتراض في معظم الأوقات بأن الأطر المرجعية الثابتة على الأرض هي أطر قصورية (علماً بأن هذا الكلام غير دقيق تماماً بسبب دوران الأرض، ومع ذلك فهو قريب جداً من الحقيقة). ويعد إي إطار مرجعي يتحرك بسرعة ثابتة (مثل السيارة أو الطائرة) بالنسبة لإطار قصوري إطاراً مرجعياً قصورياً. وتسمى الأطر المرجعية المتسارعة التي لا نستطيع تطبيق قانون القصور الذاتي من خلالها بالأطر المرجعية اللاقصورية.

## 2.2.2 القصور الذاتي

يعرف ميل الجسم إلى البقاء على حالته من السكون أو من الحركة المنتظمة في خط مستقيم بالـ قصور الذاتي، فمثلاً، من الصعب تحريك جسم ساكن ليبدأ بالحركة، أو إيقاف جسم متحرك، أو تغيير اتجاه سرعته الجانبية بعيداً عن مساره المستقيم.

يعتمد القصور الذاتي على كتلة الجسم؛ فهو يزداد بزيادتها. والكتلة خاصية متأصلة في الجسم، ولا تعتمد على الوسط المحيط به أو على الطريقة المستخدمة في قياسها.

استخدم نيوتن مصطلح الكتلة كمرادف لـ "كمية المادة"، إلا أن هذا الاستخدام غير دقيق تمامًا، لأن مفهوم "كمية المادة" نفسه غير محدد بدقة. ولذلك، يمكننا القول بصورة أدق إن الكتلة هي مقياس لقصور الجسم الذاتي.

الظواهر التالية يمكن تفسيرها بالاعتماد على مفهوم القصور الذاتي: عند توقف السيارة فجأة، يميل الركاب إلى الاندفاع للأمام. ويحدث ذلك لأن أجسامهم تحاول الاستمرار في الحركة بنفس السرعة والاتجاه اللذين كانت عليهما السيارة قبل التوقف، أي أن أجسامهم تقاوم التغيير في حالتها الحركية. عند سحب المفرش بسرعة من تحت الأطباق، تبقى الأطباق في مكانها تقريباً. ويُفسَّر ذلك بأن الأطباق تمتلك قصوراً ذاتياً يجعلها تقاوم التغيير المفاجئ في حالتها من السكون.

عند ركل كرة متوقفة على الأرض، تحتاج إلى قوة لبدء حركتها. فكلما زادت كتلة الكرة، ازدادت صعوبة تحريكها، لأن قصورها الذاتي أكبر. عند تحريك جسم ثقيل مثل خزان ماء أو صندوق كبير، نجد أنه يصعب البدء بحركته أو إيقافه بسرعة، السبب في ذلك أن القصور الذاتي يتناسب طردياً مع الكتلة.



## 2.3 القانون الثاني لنيوتن

بين القانون الأول لنيوتن ما يحدث لجسم عندما لا تؤثر عليه قوة، فأما أن يظل ساكناً أو يتحرك في خط مستقيم بسرعة ثابتة، ويجب القانون الثاني لنيوتن على سؤال: ماذا يحدث لجسم تؤثر عليه قوة محصلة لا تساوي الصفر.

نص القانون الثاني لنيوتن:

بالنظر من إطار مرجعي قصوري، يتناسب تسارع جسم طردياً مع محصلة القوى المؤثرة عليه وعكسياً مع كتلته.

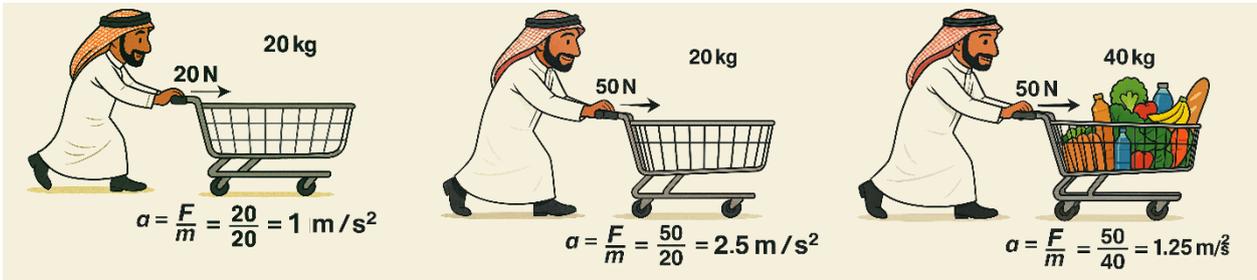
العلاقة الرياضية:

$$\sum F = ma$$

معادلة 3.1

$$\sum F_y = ma_y \quad \sum F_x = ma_x$$

نلاحظ التناسب في مثال حركة عربة بتأثير قوة أفقية على سطح مهمل الاحتكاك، ادرس الشكل.



### ملاحظات مهمة

- يطبق قانون نيوتن الثاني على محصلة القوى، وليس للقوة المنفردة.
- نفترض أن الأجسام تتصرف كجسيمات (كتل نقطية)، ولهذا فإننا سوف لا نهتم بالحركة الدورانية في هذه المرحلة.

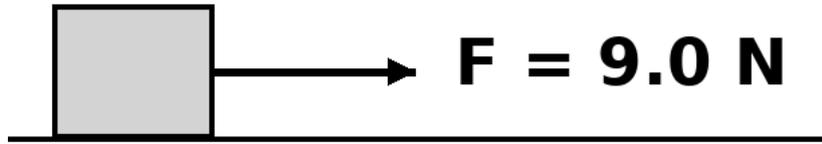
### التحقق من المفهوم:

- هل يكون التسارع في اتجاه القوة المحصلة دائماً؟ ولماذا؟
- سيارة تتحرك بسرعة ثابتة شمالاً، ما هو اتجاه محصلة القوى المؤثرة عليها؟
- اكتب النيوتن N بدلالة الوحدات الأساسية.

مثال 3-2

يتحرك صندوق كتلته  $3.0 \text{ kg}$  أفقياً على سطح أملس تحت تأثير القوى الموضحة. احسب التسارع الأفقي. (أهمل الاحتكاك، واعتبر المركبات الأفقية فقط)

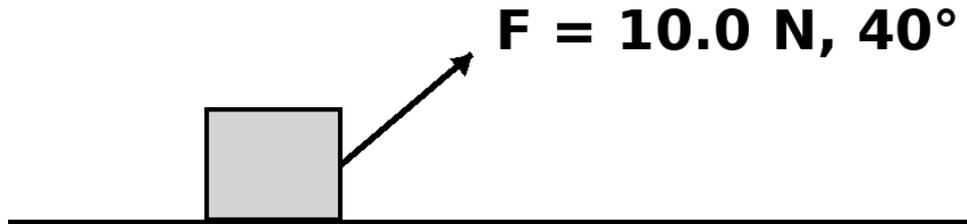
(a) قوة نحو اليمين مقدارها  $9.0 \text{ N}$



$$a = F/m = 9.0 / 3.0 = 3.0 \text{ m/s}^2$$

التسارع باتجاه اليمين.

(b) قوة مقدارها  $10.0 \text{ N}$  بزاوية  $40.0^\circ$  فوق الأفقي.



$$a = (F \cos 40^\circ)/m = (10.0 \cos 40^\circ)/3.0 = 2.55 \text{ m/s}^2$$

باتجاه اليمين.

مثال 33-

ما مقدار متوسط محصلة القوة اللازمة لإيقاف سيارة كتلتها  $1500 \text{ kg}$  تماماً من سرعة مقدارها  $100 \text{ km/h}$  خلال مسافة قدرها  $55 \text{ m}$ ؟

الحل:

$$\text{المعطيات: } v_i = 100 \text{ km/h} = \frac{100 \times 1000}{3600} = 27.78 \text{ m/s}, v_f = 0 \text{ m/s}, d = 55 \text{ m}, m = 1500 \text{ kg}$$

حساب التسارع من معادلات الحركة

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad$$

$$0 = (27.78)^2 + 2a(55)$$

$$a = -\frac{(27.78)^2}{2(55)} = -7.0 \text{ m/s}^2$$

إيجاد القوة المحصلة

$$F_{\text{net}} = ma = 1500 \times (-7.0) = -1.0 \times 10^4 \text{ N}$$

**تدريب 1:** قرص هوكي الجليد كتلته  $0.40 \text{ kg}$  يتدحرج على سطح أفقي من الجليد الأملس، تؤثر فيه قوتان الأولى  $F_1 = 7.5 \text{ N}$  بزاوية قياسية  $30.0^\circ$ ، والثانية  $F_2 = 6.0 \text{ N}$  بزاوية قياسية  $30.0^\circ$ ، أوجد تسارع الكرة بمتجهات الوحدة.

### 2.3.1 قوة الجاذبية والوزن

الوزن: هو مقدار قوة جذب الأرض للجسم. واتجاهه دائماً نحو مركز الأرض أي عمودي على سطح الأرض.



$$F_g = W = mg$$

معادلة 3.2

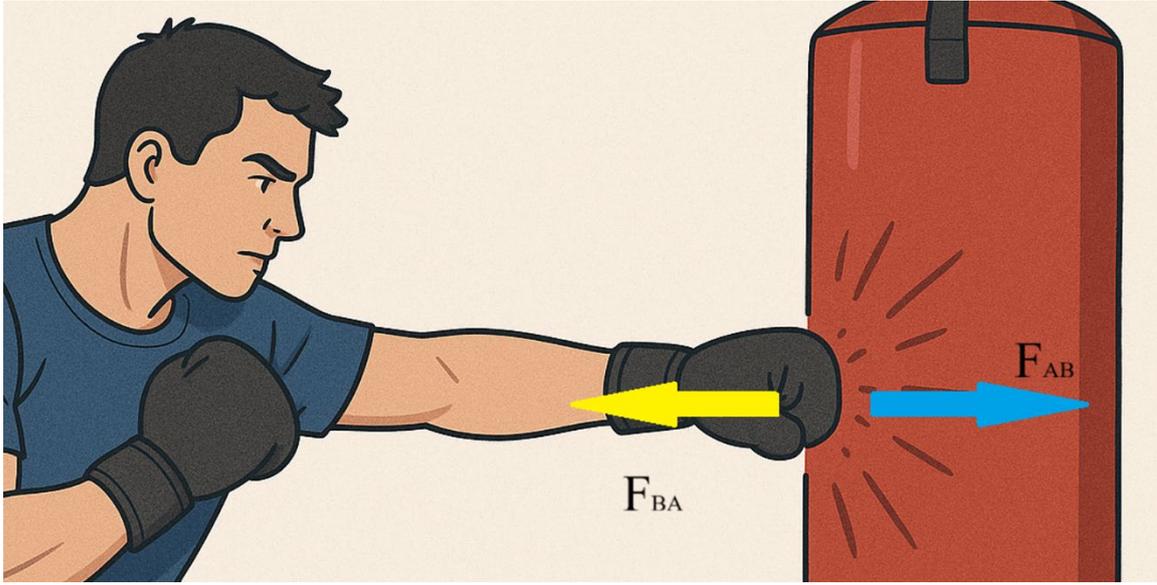
الوزن ( $N$ ):  $W$       كتلة الجسم ( $kg$ ):  $m$       تسارع الجاذبية الأرضية ( $m/s^2$ ):  $g$

تذكر أن: قيمة تسارع الجاذبية الأرضية عند سطح الأرض  $g=9.8 \text{ m/s}^2$ ، ويقل مقدارها مع الارتفاع، أي أن الوزن يقل مع الارتفاع.

## ملاحظة مهمة

يعد قانون نيوتن الثاني قابلاً للتطبيق تماماً مثل قانون نيوتن الأول خلال الأطر المرجعية القصورية فقط، وعلى سبيل المثال ففي الإطار المرجعي اللاقصوري لسيارة تتسارع، سيبدأ الكوب المثبت على الرف الأمامي للسيارة بالانزلاق من موضعه والتسارع بالرغم من أن محصلة القوى المؤثرة عليه تساوي الصفر، وعليه فإن  $\sum F = ma$  لن تعمل في هذا الإطار المرجعي المتسارع ولا يصح تطبيقها هنا.

## 2.4 القانون الثالث لنيوتن



كان نيوتن متيقناً أنه لا يمكن رؤية الأمور من جانب واحد فقط، فالمطرقة التي تؤثر في المسمار بقوة، لا بد لها وأن تتأثر بالمثل بقوة من المسمار بدلالة التناقض السريع لسرعة المطرقة حتى تصل إلى وضع السكون نتيجة لتلامسهما، إذ من غير الممكن للمطرقة أن تقف بهذه الصورة لولا وجود قوة شديدة تسبب ذلك، وعندها أعلن نيوتن ضرورة معاملة الجسمين بالتساوي.

### نص القانون الثالث لنيوتن:

إذا تأثر جسمان، فسوف تكون القوة  $F_{BA}$  التي يؤثر بها من الجسم  $A$  على الجسم  $B$  مساوية في المقدار ومضادة في الاتجاه للقوة  $F_{AB}$  التي يؤثر بها الجسم  $B$  على الجسم  $A$

أو "لكل قوة فعل قوة رد فعل مساوية لها في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه"

العلاقة الرياضية:

$$F_{AB} = -F_{BA}$$

وتسمى القوتان الفعل ورد الفعل، وأي من القوتين يمكن أن يمثل الفعل أو رد الفعل. تساوي قوة الفعل قوة رد الفعل في المقدار وتعاكسها في الاتجاه.

**فكر:** ماهي محصلة قوتي الفعل ورد الفعل، ولماذا؟

من نتائج قانون نيوتن الثالث: تؤثر القوى على شكل أزواج، أي أنه لا يمكن أن توجد قوة منفردة معزولة.

التحقق من المفهوم: عندما تكون شاشة الحاسوب ساكنة على منضدة، حدد القوى المؤثرة على الشاشة، ورد الفعل لكل منها.

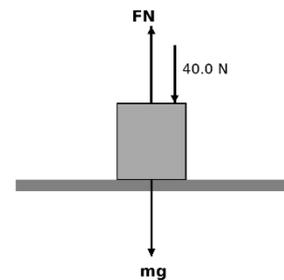


**فكر:** تصطدم شاحنة ذات كتلة هائلة وجهاً لوجه مع سيارة سباق صغيرة، أي من السيارتين ستتعرض لقوة أكبر ولماذا؟

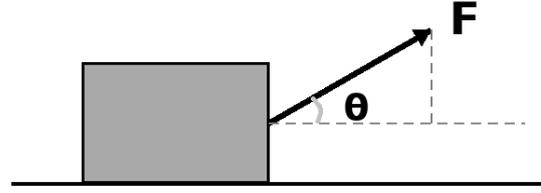
#### 2.4.1 القوة العمودية

هي قوة يؤثر بها السطح على الجسم الموضوع عليه أو المستند عليه. اتجاهها: عمودية على السطح عند نقطة التلامس. التحقق من المفهوم: بافتراض أن جميع الأسطح ملساء حدد الصيغة الرياضية لحساب القوة العمودية من الوزن والقوى المؤثرة في الحالات التالية:

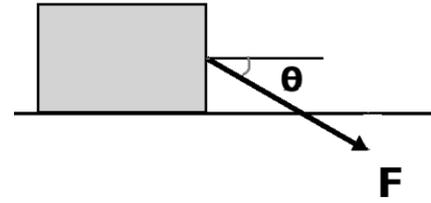
صندوق يدفع للأسفل بقوة



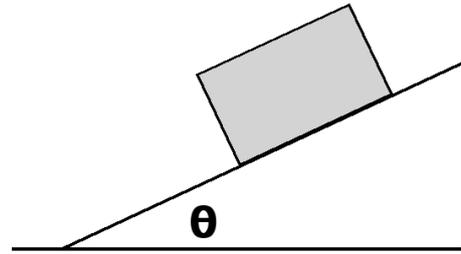
جسم يتحرك أفقياً تحت تأثير القوة الموضحة بالشكل



جسم يتحرك أفقياً تحت تأثير القوة الموضحة بالشكل



جسم ينزلق إلى أسفل مستوى مائل أملس



## 2.4.2 المصعد والوزن الظاهري

يتعرض الشخص الواقف في المصعد لتأثير قوتين هما وزنه ورد فعل الميزان، ويقاس الميزان رد الفعل.

مثال 43-

حدد الصيغة الرياضية لحساب الوزن الظاهري من الوزن الحقيقي في الحالات التالية:

(a) المصعد ساكن

(b) المصعد يتحرك بسرعة ثابتة

(c) المصعد يتسارع للأعلى

(d) المصعد يتسارع للأسفل

الحل:

باعتبار  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

$(a = 0)$	$N = W = mg$
$a = 0$	$N = W = mg$
$( a  > 0)$ للأعلى	$N = m(g + a)$
$( a  > 0)$ للأسفل	$N = m(g - a)$

لاحظ: لو كان المصعد يتسارع نحو الأسفل بنفس تسارع الجاذبية الأرضية  $a = g$  يصبح الجسم في حالة انعدام

للوزن  $N = 0$ .

**ملاحظات مهمة:**

- يصبح حل مسائل المنحدر أسهل اخترنا نظام الإحداثيات x-y بحيث يشير المحور x على طول المنحدر (اتجاه الحركة) ويكون المحور y متعامداً على المنحدر.

- قوة الجاذبية ليست عمودية على المنحدر، بل تشير دائماً باتجاه مركز الأرض.

**توجيهات لحل المسائل باستخدام قانون نيوتن الثاني:**

اتبع الطريقة التالية عند التعامل مع مسائل تحتوي على قوانين نيوتن:

- ارسم رسم تخطيطي بسيط ودقيق للمسألة.

- اعزل الجسم الذي تحلل حركته، ارسم رسماً تخطيطياً لحركة جسم - حر لهذا الجسم، وبالنسبة للأنظمة التي تحتوي على أكثر من جسم، ارسم رسماً تخطيطياً منفصلاً لكل جسم كجسم حر، لا تدخل في الرسم التخطيطي القوى المؤثرة بواسطة الجسم على ما يحيط به، انشئ محاور إحداثية مناسبة لكل جسم، ثم أوجد مركبات القوى على هذه المحاور.

- طبق قانون نيوتن الثاني في صورة مركباته.

- حل معادلات المركبات للمجاهيل المطلوبة، وتذكر انه يجب أن يكون لديك عدد من المعادلات بعدد المجاهيل.

- تأكد أن نتائجك تتوافق مع الرسم التخطيطي.

## 2.5 تطبيقات على قوانين نيوتن

### 2.5.1 تسارع نظام مكون من عدة أجسام

يمكن تطبيق قوانين نيوتن على نظام مكون من جسم مفرد أو عدة أجسام. بتطبيق قانون نيوتن الثاني لكل جسم، ثم جمع المعادلات للحصول على معادلة حساب التسارع للنظام.

مثال 53-

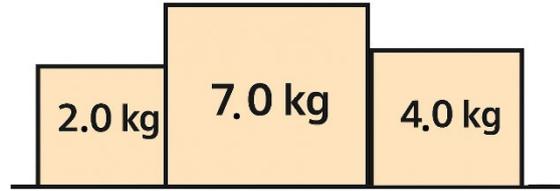
ثلاث كتل متلامسة  $m_a = 2.0 \text{ kg}$ ,  $m_b = 7.0 \text{ kg}$ , and  $m_c = 4.0 \text{ kg}$  على سطح أفقي أملس. تؤثر قوة أفقية مقدارها  $20.0 \text{ N}$  على الكتلة  $2.0 \text{ kg}$  باتجاه اليمين.

(a) أوجد تسارع النظام.

(b) أوجد القوة المحصلة المؤثرة على كل كتلة.

(c) احسب قوة التلامس المتبادلة بين الكتلتين A و B.

(d) احسب قوة التلامس المتبادلة بين الكتلتين B و C.



الحل: نرسم مخطط الجسم الحر لكل كتلة على حدة، ثم نطبق قانون نيوتن على كل جسم.

(a)

$$F - F_{AB} = m_A a. \quad (1)$$

$$F_{AB} - F_{BC} = m_B a. \quad (2)$$

$$F_{BC} = m_C a. \quad (3)$$

نجمع الثلاث معادلات

$$(F - F_{AB}) + (F_{AB} - F_{BC}) + (F_{BC}) = m_A a + m_B a + m_C a.$$

$$\Rightarrow F = (m_A + m_B + m_C) a.$$

$$a = \frac{F}{m_A + m_B + m_C} = \frac{20}{2.0 + 7.0 + 4.0} = \frac{20}{13} = 1.54 \text{ m/s}^2 \approx 1.5 \text{ m/s}^2$$

(b)

$$F_{\text{net},A} = m_A a = 2.0 \times 1.54 = 3.08 \text{ N} \approx 3.1 \text{ N}$$

$$F_{\text{net},B} = m_B a = 7.0 \times 1.54 = 10.78 \text{ N} \approx 11 \text{ N}$$

$$F_{\text{net},C} = m_C a = 4.0 \times 1.54 = 6.16 \text{ N} \approx 6.2 \text{ N}$$

(c) من المعادلة (1)

$$F - F_{AB} = m_A a$$

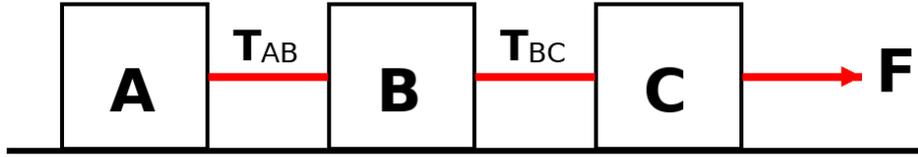
$$F_{AB} = N_{AB} = (20 - 2 \times 1.54) = 16.9 \text{ N} \approx 17 \text{ N}$$

(d)

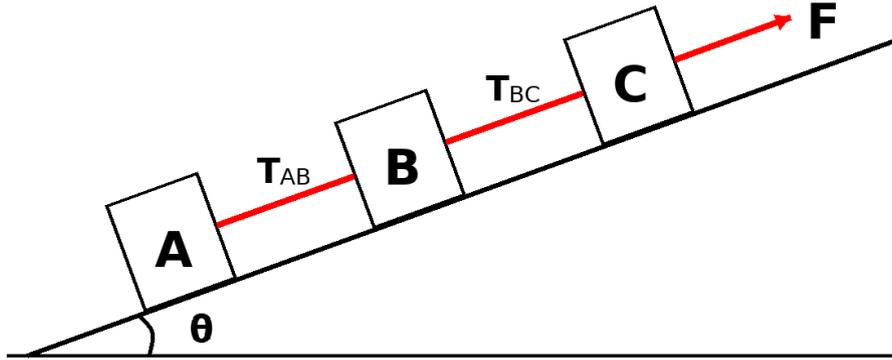
$$N_{BC} = m_C a \approx 6.2 \text{ N}$$

**تدريب 2:** أوجد تسارع النظام علماً بأن الحبال مهمة الكتلة والسطح مهم الاحتكاك، وتحرك الكتل بتأثير قوة أفقية ثابتة  $F$  في الأنظمة التالية:

.A



.B



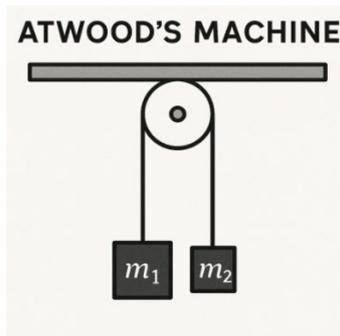
2.5.2 البكرات الملساء:



البكرة هي عجلة تدور حول محور ثابت، يلتف حولها حبل أو خيط، وتستخدم لتغيير اتجاه القوة في الأساس. عندما تكون البكرة ملساء، فإن قوة الشد في الحبل على طرفيها متساوية في المقدار؛ لعدم وجود تحوّل للطاقة بسبب الاحتكاك، أو تحوّل في نوع الحركة (من خطية إلى دورانية مثلاً).

آلة اتوود:

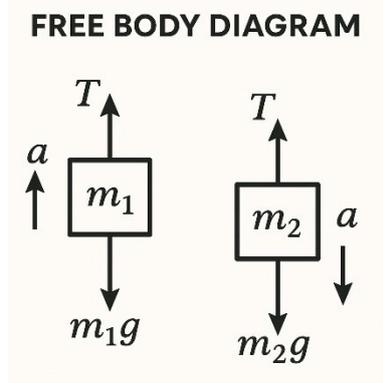
كثلتان متصلتان معاً بحبل خفيف يمر على بكرة ثابتة وملتساء ومهملة الكتلة. يستخدم هذا الجهاز في المعمل أحياناً لقياس تسارع السقوط الحر، كما يستخدم في المصعد.



مثال 63-

يرتبط جسمان كتلتهما  $m_1$  و  $m_2$  بخيط خفيف غير قابل للتمدد يمر فوق بكرة ملساء عديمة الكتلة كما في آلة أتود. اشتق علاقات كل من: (a) تسارع النظام، (b) الشد في الخيط.

الحل: مخطط الجسم الحر



كل جسم في النظام يتأثر بقوتين فقط: وزنه ( $m_2g$ ) المتجه إلى الأسفل، وشد الخيط ( $T$ ) المتجه إلى الأعلى. ولنفترض أن  $m_2 > m_1$ ، فيتحرك الجسم ذو الكتلة  $m_2$  إلى الأسفل، بينما يتحرك الجسم ذو الكتلة  $m_1$  إلى الأعلى بنفس مقدار التسارع  $a$ .

بتطبيق قانون نيوتن الثاني (محصلة القوى = الكتلة × التسارع) على الجسمين نحصل على المعادلتين:

$$\begin{aligned} m_2g - T &= m_2a \\ T - m_1g &= m_1a \end{aligned}$$

بجمع المعادلتين نحصل على:

$$(m_2 - m_1)g = (m_1 + m_2)a$$

ومنها يكون تسارع النظام:

$$a = \frac{(m_2 - m_1)g}{m_1 + m_2}$$

يتجه التسارع نحو الأسفل للجسم الأثقل  $m_2$  ونحو الأعلى للجسم الأخف  $m_1$ .

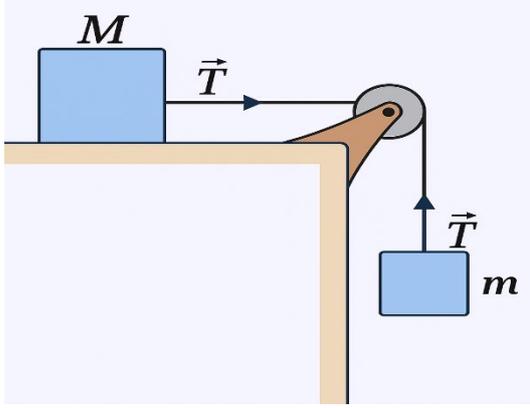
لإيجاد الشد في الخيط نعوض عن قيمة  $a$  في إحدى المعادلتين السابقة، ولتكن الثانية:

$$T = m_1(g + a)$$

وبالتعويض عن  $a$ :

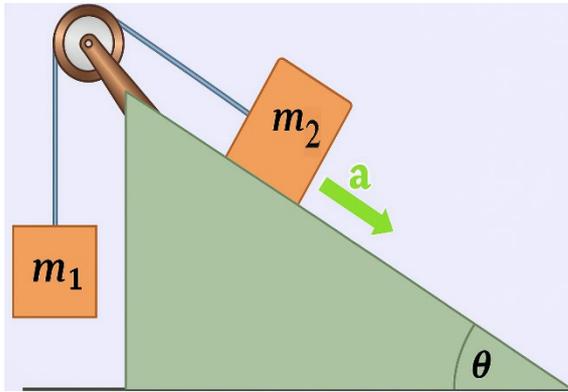
$$T = \frac{2m_1m_2}{m_1 + m_2} g$$

**ملاحظة:** في حالة تساوي الكتلتين  $m_1 = m_2$  يكون التسارع صفراً ويظل النظام في حالة اتزان. أما إذا كانت  $m_2$  أكبر كثيراً من  $m_1$  فإن التسارع يقترب من  $g$  ويسقط الجسم الأثقل سقوطاً شبه حر.



**تدريب 3:** يرتبط جسم كتلته  $M$  موضوع على سطح أفقي أملس بخيط خفيف غير قابل للتمدد يمر فوق بكرة ملساء إلى جسم آخر كتلته  $m$  معلّق كما في الشكل (السطح مهمل الاحتكاك). اوجد (a): تسارع النظام، (b) الشد في الخيط.

بكرة



**تدريب 4:** قالبان متصلان معاً بحبل خفيف يمر على ملساء مهملة الكتلة كما في الشكل.

اوجد (a): تسارع النظام، (b) الشد في الخيط.

## 2.6 قوى الاحتكاك

لقد أهتمنا الاحتكاك حتى هذه اللحظة، علماً بأن أخذنا بعين الاعتبار ضروري في معظم الحالات العملية. تنشأ قوة الاحتكاك بسبب تصادم النتوءات الخشنة بين السطحين المتلامسين. أو بسبب القوى الكهروسكونية بين الأسطح المتلامسة (لا زال مفهوم القوى الكهروسكونية بين المواد الصلبة غير واضح تماماً حتى الآن).

ويكون اتجاه قوة الاحتكاك موازاً للأسطح المتلامسة عكس اتجاه الحركة أو محاولة التحرك النسبي بين السطحين. لنفهم ما يحدث في الاحتكاك السكوني والحركي، نعتبر حالة لجسم يتحرك من السكون:

نبدل قوة لتحريك الجسم، الجسم لا يتحرك بسبب قوة الاحتكاك السكوني. نزيد القوة، فتزداد قوة الاحتكاك السكوني حتى تصل إلى قيمة قصوى  $f_{s \max}$ . نزيد القوة، فيتحرك الجسم، وتظهر قوة الاحتكاك الحركي (أقل من مقدار قوة الاحتكاك السكوني القصوى).

### 2.6.1 قوة الاحتكاك السكوني القصوى:

$$f_{s \max} = \mu_s F_N$$

$\mu_s$ : معامل الاحتكاك السكوني  $f_{s\ max}$ : قوة الاحتكاك السكوني القصوى، تذكر أنه يمكن أن تكون قوة الاحتكاك

السكوني أقل من  $f_{s\ max}$

2.6.2 قوة الاحتكاك الحركي:

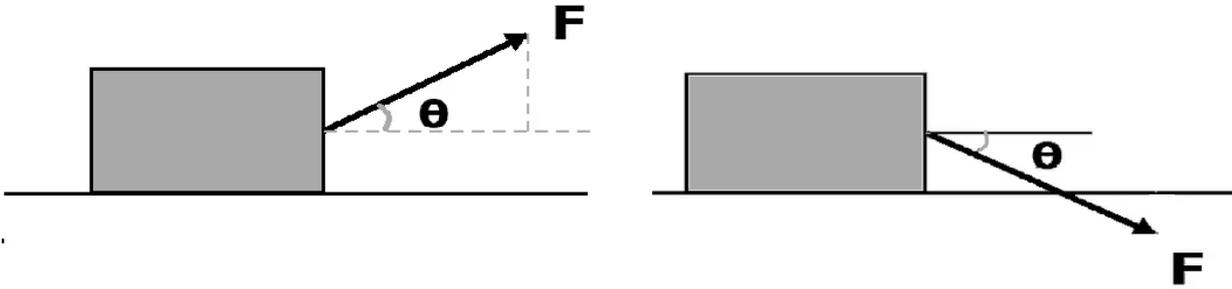
$$f_k = \mu_k F_N$$

$\mu_k$ : معامل الاحتكاك الحركي

$\mu_k < \mu_s$  كلاهما بدون وحدة والقيم لهما أقل من واحد عادة

**ملاحظة مهمة:** لا يعتمد معامل الاحتكاك الحركي  $\mu_k$  على سرعة الانزلاق أو مساحة التلامس.

**فكر:** إذا أردت تحريك جسم، فأى الاتجاهين للقوة في الشكل يسهل عليك العمل عند استخدام نفس مقدار القوة ونفس الزاوية  $\theta$  ؟



جدول معاملات الاحتكاك بين بعض المواد:

معامل الاحتكاك السكوني ( $\mu_s$ )	معامل الاحتكاك الحركي ( $\mu_k$ )	المواد المتلامسة
0.74	0.57	فولاذ على فولاذ
0.61	0.47	ألومنيوم على فولاذ
0.53	0.36	نحاس على فولاذ
1.00	0.80	مطاط على خرسانة
0.25-0.50	0.20	خشب على خشب

0.94	0.40	زجاج على زجاج
0.14	0.10	خشب مشمع على ثلج رطب
—	0.04	خشب مشمع على ثلج جاف
0.15	0.06	معدن على معدن (مُزَلَّق)
0.10	0.03	جليد على جليد
0.04	0.04	تفلون على تفلون
0.01	0.003	المفاصل الزلالية في الإنسان

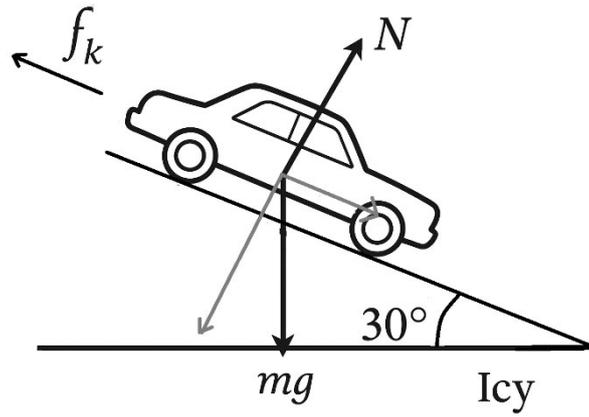
مثال 73-

سيارة متعطله كتلتها  $1.0 \times 10^3 \text{ kg}$  على طريق جليدي مائل؛ يميل بزاوية  $30.0^\circ$

(a) أوجد تسارع السيارة، افترض أن معامل الاحتكاك الحركي 0.10

(b) افترض أن السيارة انزلت من السكون عند قمة المستوى المائل، والمسافة بين مصد السيارة الأمامي إلى القاع هي  $d = 1.00 \times 10^2 \text{ m}$ ، ما الزمن الذي يستغرقه مصد السيارة ليصل إلى أسفل نقطة وماهي سرعته حينها.

الحل:



$$: m = 1.0 \times 10^3 \text{ kg}, \theta = 30.0^\circ, \mu_k = 0.10, g = 9.80 \text{ m/s}^2.$$

(a) لحساب التسارع نحلل وزن السيارة إلى مركبتين باتجاه الحركة وعمودية عليها

$$.N = mg \cos \theta$$

$$\text{Kinetic friction (up the slope): } f_k = \mu_k N = \mu_k mg \cos \theta.$$

نطبق قانون نيوتن الثاني على المحور الموازي لاتجاه الحركة

$$\Sigma F = mg \sin \theta - f_k = mg \sin \theta - \mu_k mg \cos \theta$$

$$a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{mg \sin \theta - \mu_k mg \cos \theta}{m} = g(\sin \theta - \mu_k \cos \theta) = (9.80 \text{ m/s}^2)(0.500 - 0.10 \times 0.866)$$

$$a = 4.05 \text{ m/s}^2 \approx 4.0 \text{ m/s}^2$$

(b) لحساب الزمن والسرعة النهائية نستخدم معادلات الحركة بتسارع ثابت

$$\text{From rest, distance } d = 1.00 \times 10^2 \text{ m} = 100 \text{ m}$$

$$d = \frac{1}{2}at^2$$

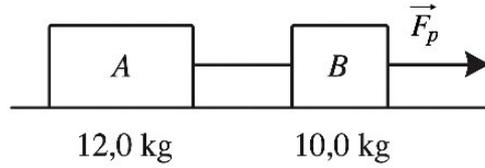
$$t = \sqrt{\frac{2d}{a}} = \sqrt{\frac{2(100 \text{ m})}{4.05 \text{ m/s}^2}} \approx \boxed{7.0 \text{ s}}$$

السرعة النهائية:

$$v = \sqrt{2ad} = \sqrt{2(4.05 \text{ m/s}^2)(100 \text{ m})} \approx 28.5 \text{ m/s}$$

لاحظ أننا لم نحتج إلى كتلة السيارة في الحل.

**تدريب 5:** صندوقان يرتبطان بحبل: ربط الصندوقان A و B بحبل خفيف الوزن، موضوعان على طاولة ملساء (عديمة الاحتكاك)، وكانت كتلتا الصندوقين  $12.0 \text{ kg}$  و  $10.0 \text{ kg}$ . تم التأثير على الصندوق ذي الكتلة  $10.0 \text{ kg}$  بقوة أفقية  $F_p$  مقدارها  $40.0 \text{ N}$ . احسب: (a) تسارع الصندوقين (b) الشد في الحبل الذي يربط الصندوقين.



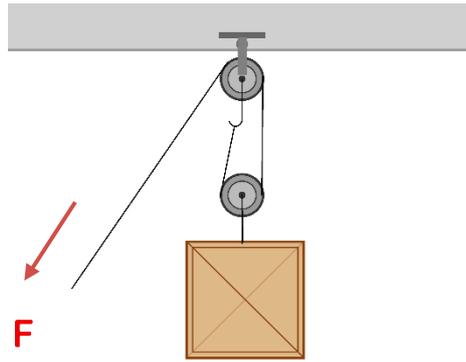
**تدريب 6:** سحب صندوق كتلته  $10.0 \text{ kg}$  على امتداد سطح أفقي بواسطة قوة  $F_p$  مقدارها  $40.0 \text{ N}$  أثرت بزاوية  $30.0^\circ$  فوق الأفقي، بافتراض أن معامل الاحتكاك الحركي  $0.30$  احسب التسارع.

**تدريب 7:** افترض أن كتلة موضوعة على سطح خشن مائل بالنسبة إلى الأفقي، تزداد زاوية الانحدار حتى تبدأ الكتلة في التحرك. بين كيف نوجد من قياس الزاوية الحرجة  $\theta_c$  التي يحدث عندها هذا الانزلاق معامل الاحتكاك السكوني  $\mu_s$ .

## 2.7 أسئلة إضافية:

1- تهبط امرأة كتلتها  $65\text{ kg}$  في مصعد يتسارع بهدوء إلى الأسفل بمعدل  $0.20\text{ g}$  وهي تقف على ميزان مدرج بوحدة  $\text{kg}$ ، ما وزن المرأة؟ وما قراءة الميزان؟ ما قراءة الميزان عندما يهبط المصعد بسرعة ثابتة تساوي  $2.0\text{ m/s}$ ؟

2- يحاول شخص رفع صندوق بسرعة ثابتة وببطء إلى الأعلى ويستخدم حبلًا يلف حول بكرتين؛ البكرة العلوية ثابتة، والبكرة السفلية قابلة للحركة نحو الأعلى والأسفل كما هو موضح في الشكل، ما مقدار القوة  $F$  التي يجب



أن يؤثر فيها على الحبل إذا كان وزن الصندوق  $800\text{ N}$ ؟

3- بدأت المتزلجة بنزول السطح المائل بزاوية  $30.0^\circ$ ، افترض أن معامل الاحتكاك الحركي هو  $0.10$  واحسب:  
أ- تسارعها. ب- السرعة العددية التي ستصل إليها بعد  $4.0\text{ sec}$ ؟  
4- يستقر صندوق كتلته  $20\text{ kg}$  ساكنًا على طاولة.

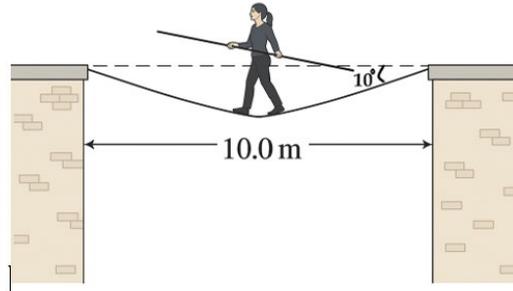
(a) ما وزن الصندوق وقيمة القوة العمودية المؤثرة فيه؟

(b) عند وضع صندوق آخر كتلته  $10.0\text{ kg}$  فوق الصندوق ذي الكتلة  $20.0\text{ kg}$ . حدد قيمة القوة العمودية التي تؤثر بها الطاولة في الصندوق ذي الكتلة  $20.0\text{ kg}$ ، وكذلك القوة العمودية التي يؤثر بها الصندوق ذو الكتلة  $20.0\text{ kg}$  في الصندوق الآخر ذو  $10.0\text{ kg}$ ؟

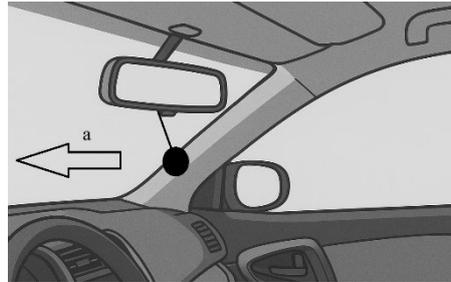
5- ما مقدار متوسط القوة اللازمة لإيقاف سيارة كتلتها  $1100\text{ kg}$  خلال  $8.0\text{ s}$  إذا كانت السيارة تتحرك بسرعة  $95\text{ km/h}$ ؟

6- يقف شخص على الميزان في مصعد متوقف. وعندما يبدأ المصعد بالتحرك، يقرأ الميزان فقط 0.75 من الوزن الحقيقي للشخص. احسب تسارع المصعد وحدد اتجاه التسارع.

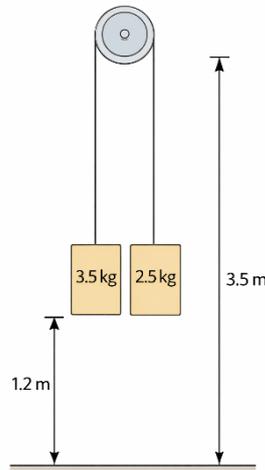
7- تسير ليلي على "حبل معلق" مثبت أفقياً بين جدارين يبتعدان مسافة 10.0 m عن بعضهما البعض. يصنع الحبل زاوية مقدارها  $10.0^\circ$  درجات إلى الأسفل عندما تصل ليلي إلى منتصف الحبل، كما هو موضح في الشكل، إذا كانت كتلة ليلي 50.0 kg، فما مقدار الشد في الحبل عند تلك النقطة؟



8- تعلق كرة بواسطة حبل يتدلى من مرآة سيارة. ما الزاوية التي سيصنعها الحبل مع الرأسى أثناء تسارع السيارة من السكون عند الإشارة الضوئية إلى سرعة 18.0 m/s خلال 6.0 s؟



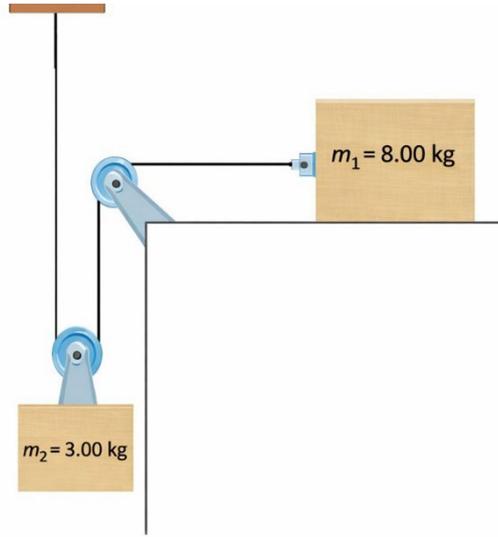
9- عند تحرير النظام في الشكل ما أقصى ارتفاع ستصل إليه الكتلة 2.5 kg مع إهمال مقاومة الهواء؟



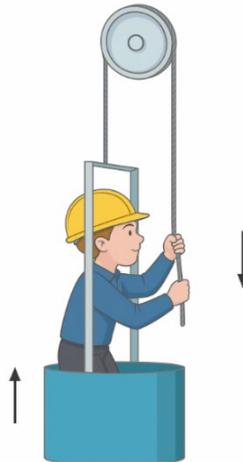
10- يقفز شخص من على منصة لتصل قدماه الأرض بسرعة  $7.00 \text{ m/s}$ ، وعند الهبوط يثني ركبتيه، مما يسمح لجذعه بالتباطؤ لمسافة  $0.40 \text{ m}$ . إذا كانت كتلة جسمه العلوي (باستثناء الساقين)  $38 \text{ kg}$ ، أوجد متوسط القوة التي تمارسها الساقان على الجزء العلوي من الجسم أثناء مرحلة التباطؤ.

11- في الشكل لا يوجد أي احتكاك والحبل والبكرات مهملة الكتلة، أوجد:

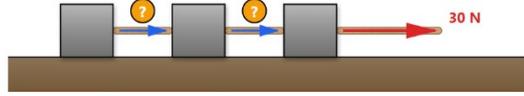
(a) قوة الشد في الحبل. (b) تسارع كل صندوق.



12- يسحب عامل تنظيف الشبايك نفسه إلى الأعلى باستخدام آلة (مكونة من البكرة والدلو)، كما هو موضح في الشكل. (a) ما القوة التي يجب أن يسحب بها إلى الأسفل لكي يرتفع ببطء وبسرعة ثابتة؟ (b) ما مقدار تسارعه عند زيادة القوة بـ 20%؟ اعتبر أن وزن عامل النظافة مع الدلو يساوي  $7.00 \times 10^2 \text{ N}$ .



13- تسحب ثلاث مكعبات متماثلة كما هو موضح في الشكل على سطح أفقي عديم الاحتكاك إذا كان الشد في الحبل الذي تمسك به اليد هو  $30.0\text{ N}$  ما قيمة الشد في الحبلين الآخرين؟

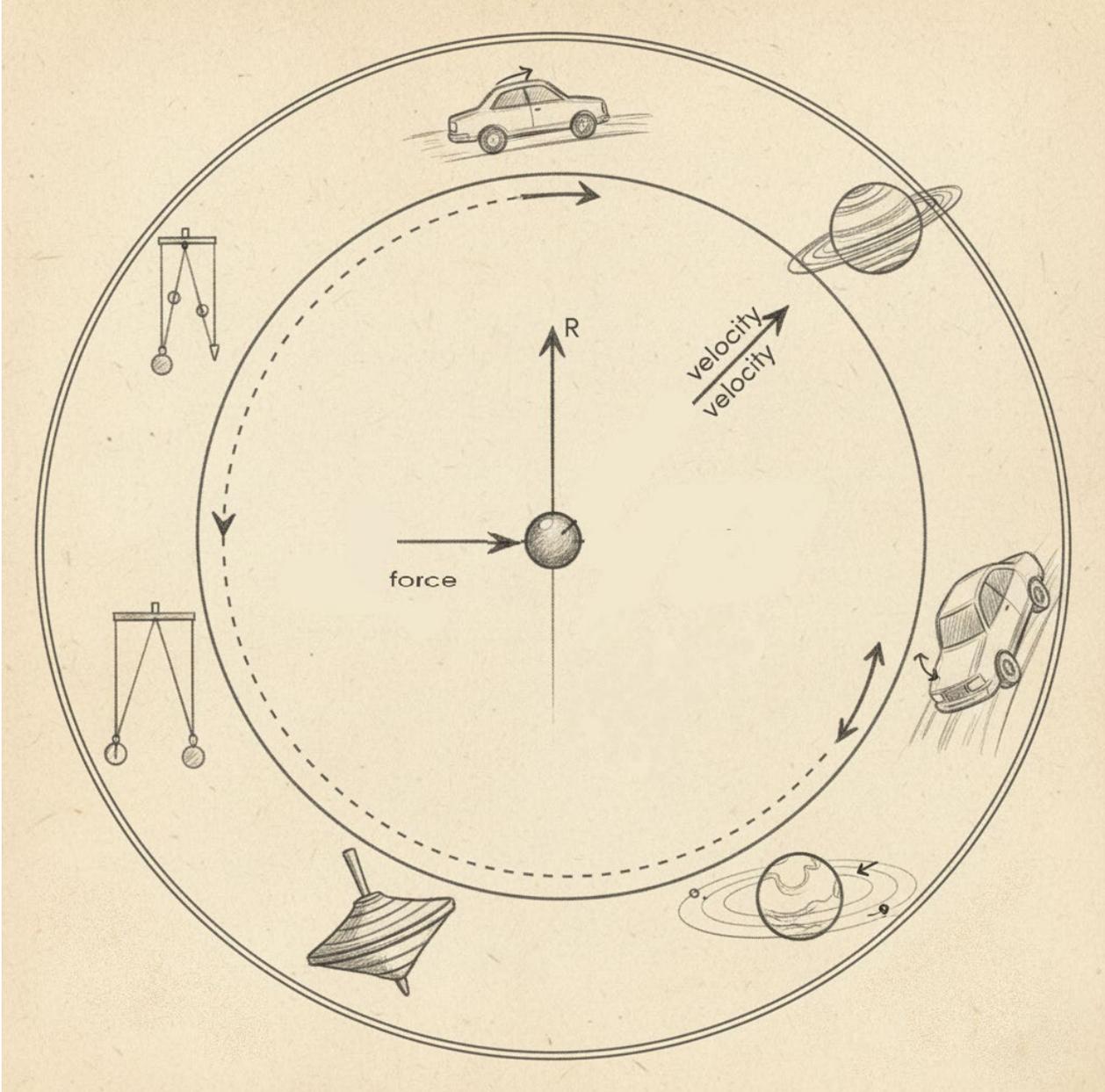


14- تتسارع دراجة نارية بمقدار  $3.0\text{ m/s}^2$  صعوداً على منحدر يميل بزاوية  $10.0^\circ$  فوق المستوى الأفقي. احسب مقدار كُـلِّ من:

(a) محصلة القوى المؤثرة على راكب الدراجة الذي كتلته  $60.0\text{ kg}$ .

(b) مقدار القوة التي تؤثر بها الدراجة النارية على الراكب.

### 3 الفصل الثاني: الحركة الدائرية



الحركة الدائرية هي حركة جسم يدور في مسار دائري حول نقطة ثابتة أو محور ثابت. في هذه الحركة يتغير اتجاه السرعة باستمرار رغم أن مقدارها (السرعة الخطية) قد يبقى ثابتاً، ولهذا يكون للجسم تسارع مركزي (أو تسارع نحو المركز) يجعل الجسم يستمر في الدوران حول المركز.

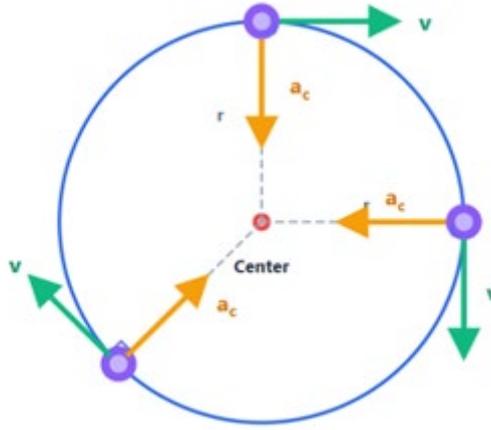
### 3.1 الحركة الدائرية المنتظمة:

نشاهد العديد من الحركات الدائرية في حياتنا اليومية مثل: حركة سيارة في منعطف دائري، وحركة القمر ودولاب لعبة الهواء وغيرها، وهي أحد أشكال الحركة في بعدين التي تعلمناها سابقاً.

تعرف الحركة الدائرية المنتظمة بأنها:

حركة جسم على مسار دائري نصف قطره  $r$  بسرعة مماسية (خطية)  $v$  ثابتة مقداراً ومتغيرة اتجاهًا.

إن تغير اتجاه السرعة يعني وجود تسارع، ووجود التسارع يعني وجود قوة محصلة.



### كميات الحركة الدائرية المنتظمة:

السرعة المماسية  $v$ : تكون دائماً عمودية على نصف قطر الدوران.

التسارع المركزي أو العمودي  $a_c$ : يكون دائماً في اتجاه مركز الدائرة، يتسبب في تغيير اتجاه السرعة.

القوة المركزية  $F_c$ : تكون دائماً في اتجاه مركز الدائرة، تتسبب في نشوء التسارع.

الزمن الدوري  $T$ : زمن عمل دورة كاملة ويقاس بوحدتي الثانية في النظام الدولي للوحدات (s)

التردد  $f$ : عدد الدورات في وحدة الزمن، ويقاس بالهيرتز (Hz) ويعادل الهيرتز دورة لكل ثانية:  $\text{Hz} = \text{rps}$

### قوانين الحركة الدائرية المنتظمة:

$$a_c = \frac{v^2}{r} \quad \text{التسارع المركزي}$$

$$F_c = ma_c = m \frac{v^2}{r} \quad \text{القوة الجاذبة المركزية}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{v}{2\pi r} \quad \text{الزمن الدوري}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v} \quad \text{التردد:}$$

$$v = 2\pi r f \quad \text{السرعة المماسية بدلالة التردد}$$

**التحقق من المفهوم:** يتحرك جسم في المستوى الأفقي  $xy$  بسرعة ثابتة وعلى مسار دائري، عندما يكون في الموضع  $x = -2m$  تكون سرعته  $j(-4 \text{ m/s})$ . احسب (a) سرعته (b) تسارعه عندما يكون موضعه  $y = 2 \text{ m}$

### مثال 14-

مدار القمر حول الأرض هو تقريباً مدار دائري، بمتوسط نصف قطر  $3.84 \times 10^8 \text{ m}$ ، يأخذ القمر 27.3 يوماً ليكمل دورة كاملة حول الأرض. احسب:

(a) متوسط السرعة المدارية للقمر.

(b) عجلته العمودية (في اتجاه المركز).

الحل:

المعطيات

$$r = 3.84 \times 10^8 \text{ m}$$

$$T = 27.3 \text{ days} = 27.3 \times 24 \times 3600 = 2.35872 \times 10^6 \text{ s}$$

(a)

$$v = 2\pi r / T$$

$$v = (2 \times \pi \times 3.84 \times 10^8) / (2.35872 \times 10^6)$$

$$v = 1.023 \times 10^3 \text{ m/s} \approx 1.02 \text{ km/s}$$

(b)

$$a_c = v^2 / r$$
$$a_c = (1.023 \times 10^3)^2 / (3.84 \times 10^8)$$
$$a_c = 2.72 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

### مثال 24-

وضح مصدر القوة المركزية في كل من:

(a) حركة سيارة بشكل دائري في دوار.

(b) حجر مربوط في حبل ويدور بشكل مواز لسطح لأرض تقريباً

(c) دوران الأقمار الصناعية حول الأرض.

الحل:

(a) قوة الاحتكاك السكوني بين العجلات وسطح الأرض.

(b) قوة الشد في الحبل.

(c) قوة الجاذبية الأرضية (قوة التجاذب الكتلي).

**تدريب 1:** يدور إطار نصف قطره  $0.500 \text{ m}$  بمعدل  $2.00 \times 10^2 \text{ rev/min}$ ، اوجد السرعة العددية والتسارع لحجر صغير موجود في إحدى الفراغات الخارجية للإطار (على حوافه الخارجية)

**تدريب 2:** أوجد القوة الواجب أن يؤثر بها شخص ما في حبل مثبت بطرفه الآخر كرة كتلتها  $0.150 \text{ kg}$  لكي تتحرك الكرة في دائرة أفقية نصف قطرها  $0.600 \text{ m}$  علماً بأن الكرة تكمل 2.00 دورة خلال الثانية الواحدة. (أهمل كتلة الحبل).

### 3.1.1 الحركة الدائرية العمودية

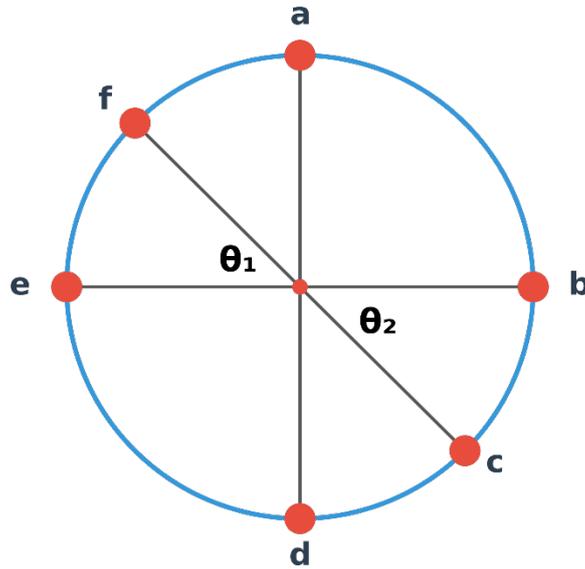
هي حركة جسم في مسار دائري عمودي، مثل حركة جسم مربوط في خيط، حيث يقوم الرجل بتدويره بقوة شد  $T$ . القوة المركزية  $F_c$  هي محصلة القوى في الاتجاه القطري (أي الوزن  $mg$  وقوة الشد للرجل  $T$ ) ولذلك تتخذ القوة المركزية قيم مختلفة عند النقاط المختلفة، تذكر أن القوة المركزية عند أي موقع ترتبط بسرعة الجسم بالعلاقة:

$$F_c = m \frac{v^2}{r}$$

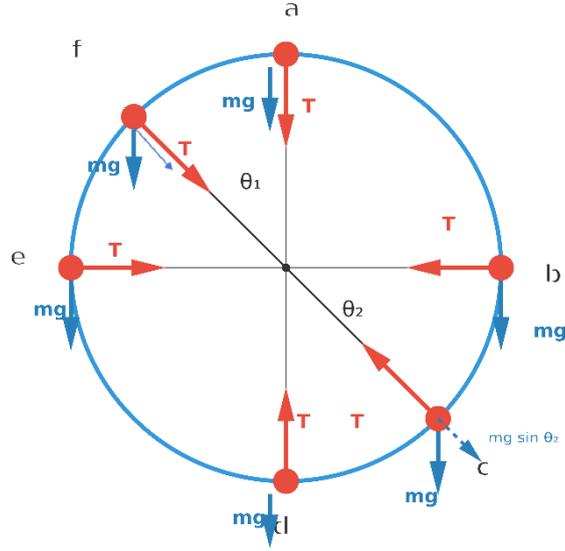
**ملاحظة مهمة:** القوة المركزية ليست قوة منفصلة، وإنما هي محصلة القوى في الاتجاه القطري (المركزي).

#### مثال 34-

يبين الشكل مواقع كرة صغيرة مربوطة بخيط مهمل الوزن تدور في مسار دائري عمودي، اكتب القوة المركزية  $F_c$  بدلالة الوزن أو مركباته وقوة الشد لكل موقع.



الحل: نحسب مقدار  $F_c$  لكل موضع، واتجاهها نحو مركز الدوران دوماً.



$$F_c = T + mg \quad (a)$$

$$F_c = T \quad (b)$$

$$F_c = T - mg \sin \theta_2 \quad (c)$$

$$F_c = T - mg \quad (d)$$

$$F_c = T \quad (e)$$

$$F_c = T + mg \cos \theta_1 \quad (f)$$

#### مثال 44-

أوجد أقل قيمة لسرعة الجسم المطلوبة للدوران عند قمة المسار الدائري العمودي.

الحل: عند أعلى نقطة تتحقق أقل سرعة مطلوبة للدوران عندما تكون القوة المركزية هي وزن الجسم؛ أي تنعدم قوة الشد في الحبل:

$$F_c = m \frac{v^2}{r} = mg$$

$$v_{min} = \sqrt{rg}$$

### التحقق من المفهوم:

- ماذا يحدث لو قلت السرعة عن  $\sqrt{rg}$  لجسم يدور في مسار دائري عمودي؟
- هل لوزن الجسم علاقة بالسرعة الدنيا لجسم يدور في مسار دائري عمودي؟

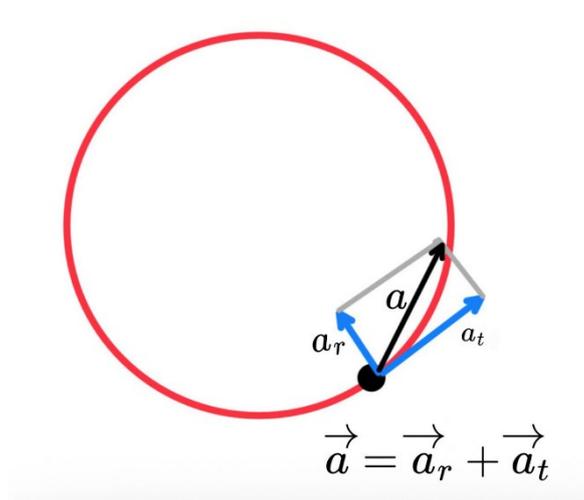
**تدريب 3:** كرة صغيرة كتلتها  $0.200 \text{ kg}$  مربوطة بخيط خفيف طوله  $1.25 \text{ m}$  وتدور في مسار دائري عمودي.

(a) احسب أقل سرعة يجب أن تمتلكها الكرة عند أعلى نقطة في مسارها لكي يبقى الخيط مشدودًا (أي لكي تستمر الكرة في الحركة الدائرية).

(b) إذا كانت الكرة تتحرك عند أسفل المسار بسرعة تساوي ثلاثة أضعاف السرعة التي وجدتها في الجزء (a)، فاحسب قوة الشد في الخيط عند أسفل المسار.

### 3.2 الحركة الدائرية غير المنتظمة

في الحركة الدائرية غير المنتظمة يتغير مقدار السرعة المماسية مع تغير اتجاهها، ، وعندها تكون المركبتان العمودية للتسارع  $a$  هما المركبة المماسية  $a_t$  والمركبة العمودية  $a_r$



تعمل المركبة المماسية  $a_t$  على: تغيير مقدار سرعة الجسم، وتكون موازية لها.

فكر: متى تكون  $a_t$  في اتجاه  $v$ ؟ ومتى تكون عكس اتجاهها؟

تعمل المركبة العمودية  $a_r$  على: تغيير اتجاه سرعة الجسم، وتكون عمودية عليها.

التسارع الكلي يساوي:

$$a = a_t + a_r$$

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_r^2}$$

$$a_r = \frac{v^2}{r}$$

حيث:  $r$ : نصف قطر منحنى المسار عند النقطة المطلوبة.

وبالتالي يؤثر على الجسم قوتان: مماسية  $F_t$  تتسبب في نشوء التسارع المماسي  $a_t$

وقوة عمودية (مركزية)  $F_r$  تتسبب في نشوء التسارع العمودي  $a_r$

فكر: عندما تكون الحركة الدائرية منتظمة، ماهي قيمة  $F_t$ ؟

#### مثال 54-

تسير دراجة نارية فوق قمة تل صغير. يمكن تقريب شكل التل كقوس دائرة نصف قطرها  $350m$ . عند اللحظة التي

تصل فيها الدراجة إلى أعلى نقطة في التل تكون سرعتها  $8.0m/s$ . في اللحظة نفسها، يكون السائق متسارعًا إلى الأمام

على طول الطريق بتسارع مماسي مقداره  $0.450 m/s^2$

(a) احسب مقدار المركبة العمودية (المركزية) للتسارع عند هذه النقطة.

(b) أوجد مقدار التسارع الكلي.

(c) حدّد اتجاه التسارع الكلي بالنسبة للمحور الأفقي.

المعطيات:

نصف قطر التقوّس:

$$R = 350 m$$

السرعة عند القمة:

$$v = 8.0 \text{ m/s}$$

التسارع المماسي:

$$a_t = 0.450 \text{ m/s}^2$$

(a) التسارع المركزي (نحو مركز التقوس)

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{(8.0)^2}{350} = \frac{64}{350} = 0.183 \text{ m/s}^2$$

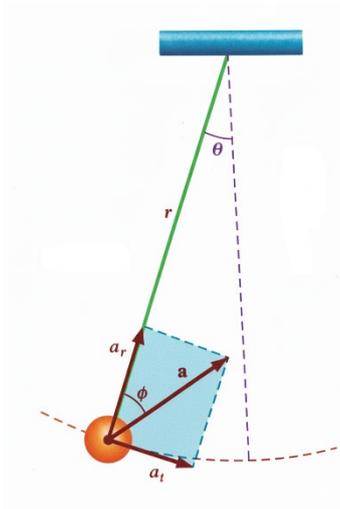
(b) مقدار التسارع الكلي

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{(0.450)^2 + (0.183)^2} = \sqrt{0.2025 + 0.0335} = 0.486 \text{ m/s}^2$$

(c) اتجاه التسارع الكلي

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{a_n}{a_t}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{0.183}{0.450}\right) = 22^\circ$$

**تدريب 4:** كرة صغيرة مربوطة بخيط طوله  $0.80 \text{ m}$  تتأرجح في دائرة رأسية. عندما يصنع الخيط زاوية  $\theta = 35^\circ$  مع الاتجاه الرأسي، تكون سرعة الكرة  $v = 2.2 \text{ m/s}$ . احسب:



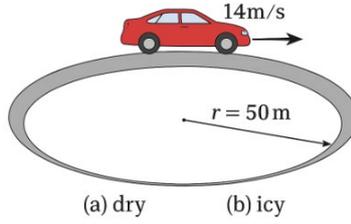
(a) احسب مركبة التسارع العمودي (المركزي) عند تلك اللحظة.

(b) احسب التسارع المماسي عند تلك اللحظة.

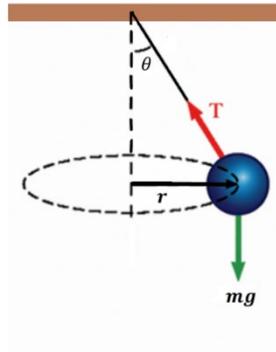
(c) احسب مقدار التسارع الكلي والزاوية التي يصنعها بالنسبة للاتجاه القطري.

### 3.3 أسئلة إضافية

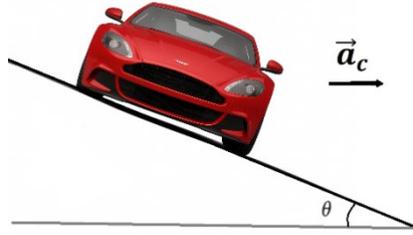
- 1- رائد فضاء يقف على القمر ويطلق رصاصة من بندقية بحيث تترك الرصاصة ماسورة البندقية في اتجاه أفقي. (a) ماهي سرعة الرصاصة عند فوهة البندقية بحيث تدور دورة كاملة حول القمر وتعود ثانية لموضع بدايتها؟ (b) كم تستغرق هذه الرحلة حول القمر؟ افترض أن عجلة التسارع على سطح القمر تساوي سدس عجلة الجاذبية الأرضية وأن نصف قطر القمر  $1740 \text{ km}$ .
- 2- احسب مقدار التسارع المركزي لطيار بدأ الطيران في دائرة أفقية بسرعة  $v_i = (400i + 500j) \text{ m/s}$  وبعد  $24.0 \text{ s}$  خرج من الدائرة بسرعة:  $v_f = (-400i - 500j) \text{ m/s}$
- 3- هل ستزلق سيارة كتلتها  $1.0 \times 10^3 \text{ kg}$  تسير على طريق أفقي عندما تلف حول منعطف نصف قطره  $5.0 \times 10^1 \text{ m}$  بسرعة مقدارها  $14 \text{ m/s}$  أم لا، افرض أن: (a) سطح الطريق جاف ومعامل الاحتكاك السكوني  $\mu_s = 0.60$  (b) سطح الطريق مغطى بالصقيع ومعامل الاحتكاك السكوني  $\mu_s = 0.25$ .



- 4- جسم صغير كتلته  $m$  معلق في خيط طوله  $L$ ، يدور الجسم بسرعة ثابتة في دائرة أفقية نصف قطرها  $r$ ، أوجد  $v$  بدلالة  $L$  و  $g$  وجيب وظل الزاوية  $\theta$



- 5- (a) ما هي الزاوية  $\theta$  لميل طريق بحيث تنعدم الحاجة إلى قوة الاحتكاك لسيارة تتحرك بسرعة  $v$  حول منعطف نصف قطره  $r$ ، أوجد الزاوية بدلالة  $(v, r, g)$  (b) احسب زاوية ميل طريق على شكل منعطف نصف قطره  $70.0\text{ m}$  تم تصميمه لقيادة السيارات بأمان عند سرعة  $60.0\text{ km/h}$

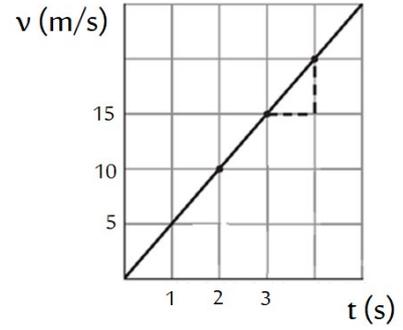


- 6- يدخل قطار مقطوعًا منحنياً من السكة ويبدأ في التباطؤ، حيث تنخفض سرعته من  $72.0\text{ km/h}$  إلى  $40.0\text{ km/h}$  خلال  $12.0\text{ s}$ ، وهي المدة اللازمة لعبور المنحني. إذا كان نصف قطر المنحني  $200\text{ m}$ .
- (a) احسب التسارع المماسي للقطار خلال هذه الفترة، بافتراض أن معدل التباطؤ ثابت.
- (b) احسب مقدار التسارع المركزي عند اللحظة التي تصل فيها السرعة إلى  $40.0\text{ km/h}$ .
- (c) أوجد مقدار التسارع الكلي للقطار عند هذه اللحظة.

## الاختبار التجريبي – المرحلة الثانية

(1) يتحرك جسم كتلته 5 kg على سطح خشن وفي خط مستقيم، وتتغير سرعته كما في الرسم البياني المقابل.

إذا كان الجسم يتحرك بتأثير قوة شد أفقية مقدارها 30 نيوتن، فإن مقدار قوة الاحتكاك يساوي:



- A (25 N)      (B) 10 N      (C) 5 N      (D) 3 N

(2) أي الحقائق التالية تصف بشكل صحيح مفهومي الكتلة والوزن لجسم ما:

- (A) النسبة بينهما في أي مكان على سطح الأرض هي 9.8  
(B) النسبة بينهما تعادل النسبة بينهما أيضا لجسم آخر موضوع في نفس المكان.  
(C) مفهومان لهما نفس المعنى في الفيزياء ويختلفان في الوحدات  
(D) كلاهما يعبران عن مقدار القصور الذاتي للجسم.

(3) أثرت قوة محصلة F لمدة 10 ثوان على جسم كتلته  $10^{-2}$  kg، كان في البداية ساكناً، ثم توقفت عن التأثير، قطع الجسم مسافة 0.5 m خلال الثواني الخمس التالية بسرعة ثابتة، مقدار القوة F هو:

- $10^{-4}$  N (D)       $10^{-3}$  N (C)       $10^{-2}$  N (B)       $10^{-1}$  N (A)

(4) جسم كتلته 2.00 kg يتحرك غرباً بسرعة منتظمة مقدارها 4.00 m/s، أثرت عليه قوة مقدارها 4.00 N باتجاه الشمال. مقدار إزاحة الجسم بعد 4.00 ثواني من تطبيق القوة يساوي:

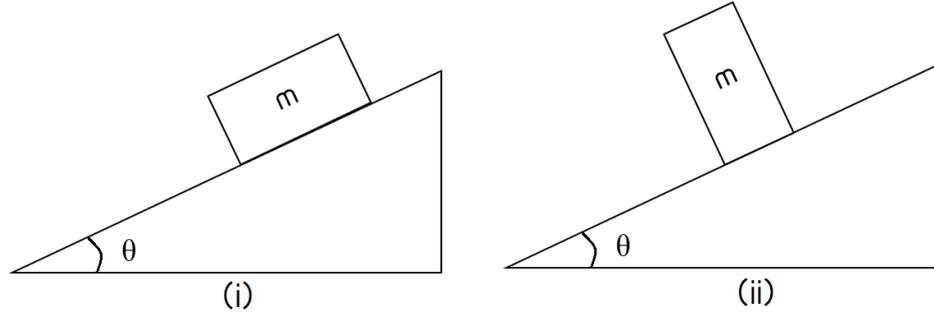
32.0 m ( D

22.6 m ( C

16.0 m ( B

5.66 m ( A

5) يتم وضع نفس القالب المتجانس أولاً على جانبه الطويل، ثم على جانبه القصير على نفس المستوى المائل، كما هو موضح في الشكل، يتسارع القالب لأسفل المستوى المائل. (افتراض أن الصندوق لن ينقلب)



مقدار تسارع القالب في الحالة (ii) مقارنة بتسارعه في الحالة (i) يكون:

( D الضعف

( C أصغر

( B أكبر

( A نفسه

6) حُرِّك حجر في دائرة أفقية نصف قطرها 1.50 m بواسطة خيط على ارتفاع 2.00 m فوق سطح الأرض، انقطع الخيط، فتطاير الحجر أفقيًا، ضاربًا الأرض على بُعد 10.0 m أفقيًا من نقطة ترك الحجر للمسار الدائري.

التسارع المركزي أثناء الحركة الدائرية يساوي: اعتبر  $g = 10.0 \text{ m/s}^2$

166.6 m/s<sup>2</sup> ( D

112.2 m/s<sup>2</sup> ( C

15.8 m/s<sup>2</sup> ( B

10.5 m/s<sup>2</sup> ( A

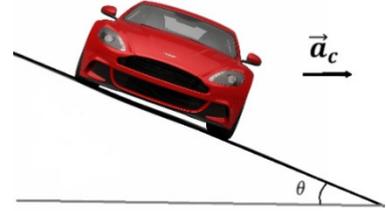
7) منحدر دوار بأرضية زلقة، يسمح بسرعة قصوى للسيارات التي تدور فيه مقدارها 13 m/s، تخرج السيارات من الدوار إلى منحدر خروج له نفس زاوية ميلان المنحدر الأول، إذا أردنا لمنحدر الخروج الثاني أن يسمح بسرعة قصوى للسيارات مقدارها 26 m/s، فإنه يجب تغيير نصف قطره إلى:

( D أربعة أمثال

( C الضعف

( B النصف

( A الربع



8) يقوم طيار استعراضي كتلته  $m$  بقيادة طائرته في مناورة حلقة رأسية. تتحرك الطائرة في مسار دائري رأسي نصف قطره  $2.10 \text{ km}$  وبسرعة ثابتة مقدارها  $240 \text{ m/s}$ . أوجد القوة التي يؤثر بها المقعد على الطيار في:

(a) أسفل الحلقة.

(b) أعلى الحلقة.

حلول الاختبار التجريبي

رقم السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8
الإجابة	C	B	D	C	A	D	d	a- $3.80mg$ , b- $1.80mg$ .

## الحلول

### الفصل الأول:

1-  $[ML^{-1}T^{-2}]$ . 2-  $T \propto L^{\frac{1}{2}} \times g^{-\frac{1}{2}}$ ,  $T \propto \sqrt{\frac{L}{g}}$ . 3- B. 4- B.

### الفصل الثاني:

1a- 12.6 km/h at 71.6° north of east. 1b- minutes. 2a- 19.5° west of north. 2b- 13.3 minutes. 3a- 261 km/h. 3b- 15.3° south of east. 4- 866 km/h. 5- 2.92 m/s, 7.9° above the east direction.

### الفصل الثالث:

Exercises: 1-  $a = (29.3\hat{i} - 1.88\hat{j})m/s^2$ . 2a-  $a = \frac{F}{m_A+m_B+m_C}$  2b-  $a = \frac{F-(m_A+m_B+m_C)g\sin\theta}{m_A+m_B+m_C}$ . 3a-  $a = \frac{mg}{m+M}$ . 3b-  $T = \frac{Mmg}{m+M}$ . 4a-  $a = \frac{(m_1-m_2\sin\theta)g}{m_1+m_2}$ . 4b-  $T = \frac{m_1m_2g(1+\sin\theta)}{m_1+m_2}$ . 5-  $a = 1.82m/s^2$ , 5b-  $T = 21.8N$ . 6-  $a = 1.12m/s^2$ . 7-  $\mu_s = \tan\theta_c$ .

Additional problems: 1- Weight = 637 N; Scale reads 510 N or 52 kg. 2- 400N. 3a-  $m/s^2$  down the slope 3b-  $v = 16.2m/s$  4a- Weight = 196 N (down); Normal force = 196 N (up) 4b- 294 N, 98N. 5-  $3.63 \times 10^3$  N. 6- 2.45  $m/s^2$  downward. 7-  $1.41 \times 10^3$  N. 8- 17.0° (backward). 9- 2.6m. 10-  $2.7 \times 10^3$  N (upward) 11a-  $a_1 = 1.68 m/s^2$ ,  $a_2 = 0.840 m/s^2$  11b- 13.4N. 12a- 350N 12b- 1.96  $m/s^2$  13- 20N, 10N. 14a- 180N , 14b- 644N

### الفصل الرابع:

Exercises: 1- 219m/s, 219  $m/s^2$ . 2- 14.2 N. 3a- 3.50m/s, 3b- 19.6N. 4a- 6.05  $m/s^2$ , 4b- 5.62  $m/s^2$ , 4c- 8.26  $m/s^2$ ,  $\phi \approx 43^\circ$

Additional problems: 1- 1684 m/s, 1 hour 48 minutes. 2-  $a_c = 83.8 m/s^2$  3a-  $F_c = 3920N$ ,  $f_{smax} = 5880N$  so no skid. 3b-  $F_c = 3920N$ ,  $f_{smax} = 2450N$  so the car will skid. 4-  $v = \sqrt{gL\sin\theta\tan\theta}$ . 5a-  $\tan\theta = \frac{v^2}{gr}$ , 5b- 22. 6a- 0.74  $m/s^2$ , 7b- 0.62  $m/s^2$ , 7c- 0.96  $m/s^2$ .

