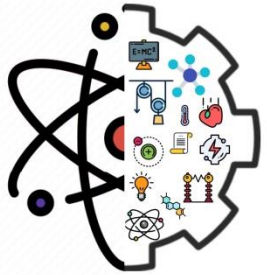
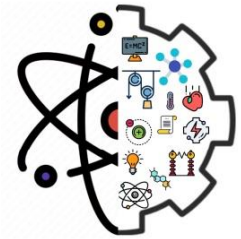


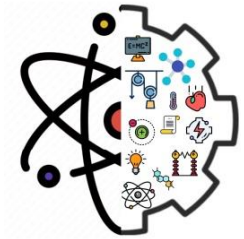
الوحدة الثالثة
الوصلة الثنائية (p-n) (الدايود) وتطبيقاته

اعداد : أ . عبدالله السهو
أ. عبدالعزيز العنزي



عناصر الوحدة

1. الوصلة الثنائية (p-n)
2. الوصلة الثنائية (p-n) عند الاستقرار
3. الوصلة الثنائية (p-n) عند تطبيق جهد الانحياز
4. منحنى الخواص (V-I) للوصلة الثنائية(p-n)
5. نماذج الدايود
6. مقوم نصف الموجه و الموجه كامله



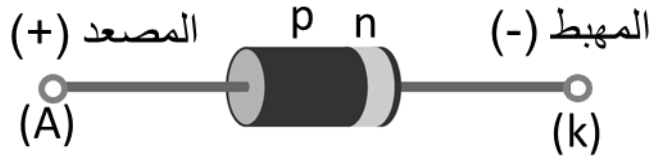
أولا

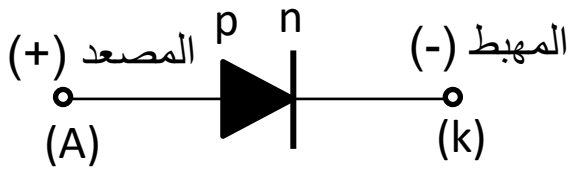
01

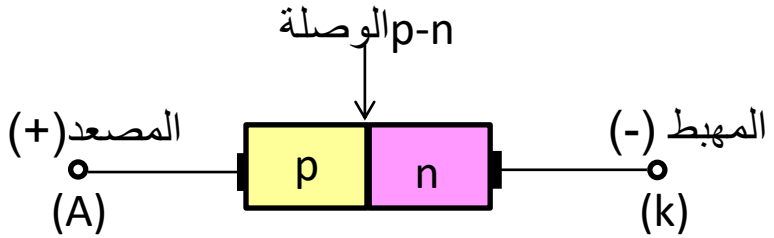
الوصلة الثنائية (P-N)

الوصلة الثنائية(الدايود) :

- تتكون الوصلة الثنائية :من بلورتين شبه موصل احدهما من النوع الموجب (p-type) والأخر من النوع السالب (n-type).
- الغرض من الوصلة الثنائية : تقويم التيار المتردد الي تيار نصف موجي أو تيار موجي كامل (بهدف تحويل التيار المتردد الى مستمر).
- استخدامها : تستخدم في الأجهزة الالكترونية (الراديو ، التلفاز ،الكمبيوتر،.....الخ).
- رمز الوصلة الثنائية p-n:

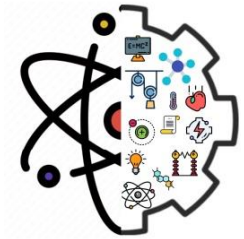






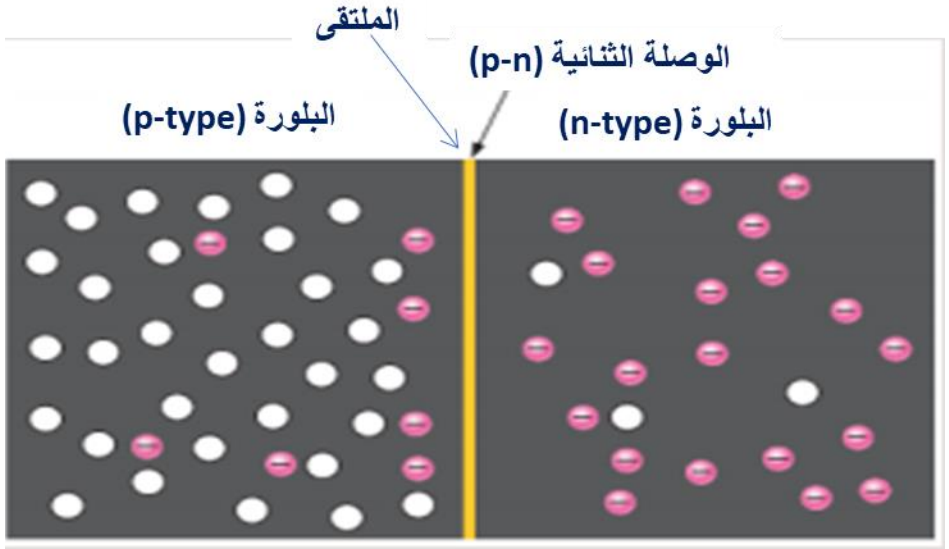
نلاحظ ان للثنائي طرفين : 1-الطرف الأول المتصل بالمادة (p-type) ويطلق عليه المصعد أو الأنود (anode) ويرمز له بالحرف (A).

2-الطرف الثاني المتصل بالمادة (n-type) ويطلق عليه المهبط أو الكاثود (cathode) ويرمز له بالحرف (k).



ثانيا

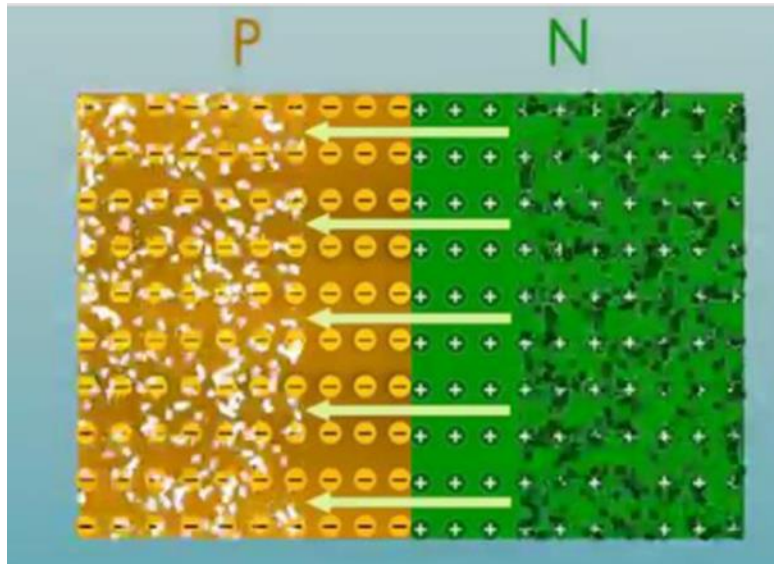
02 الوصلة الثنائية (P-N) في حالة استقرار(اتزان)

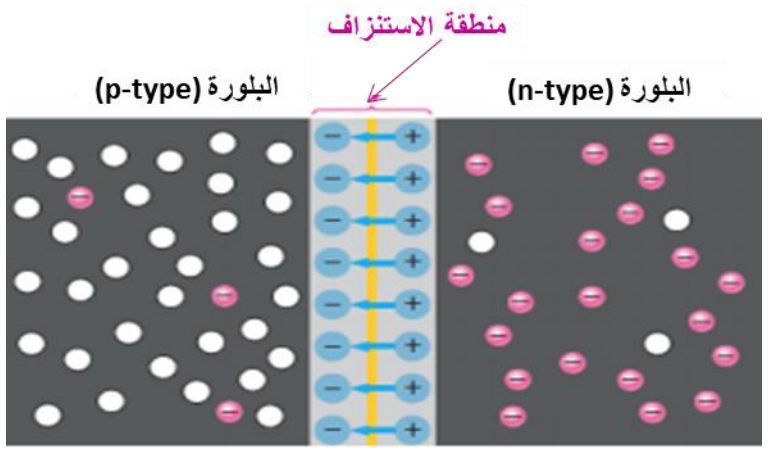


- كما ذكرنا سابقا يوجد لدينا بلورتين احدهما من النوع (p-type) والنوع الاخر (n-type) من شبه موصل من ذرات السيلكون (Si) ويفصل بينهما الملتقى يدعى الوصلة الثنائية (p-n).

- **قبل عملية التلامس** في البلورة من النوع (p-type) يكون تركيز عدد الفجوات أكبر من تركيز عدد الالكترونات ،والبلورة من النوع (n-type) يكون تركيز عدد الالكترونات أكبر من تركيز عدد الفجوات ،أي أن حاملات الشحنة الأغلبية في بلورة (p-type) هي الفجوات وحاملات الشحنة الأغلبية في بلورة (n-type) هي الالكترونات. وتكون البلورتين متعادلة كهربيا قبل التلامس (أي أن في البلورة من النوع (n-type) تكون الالكترونات = الفجوات + الأيونات الموجبة ، والبلورة من النوع (p-type) تكون الفجوات = الالكترونات +الأيونات السالبة) .

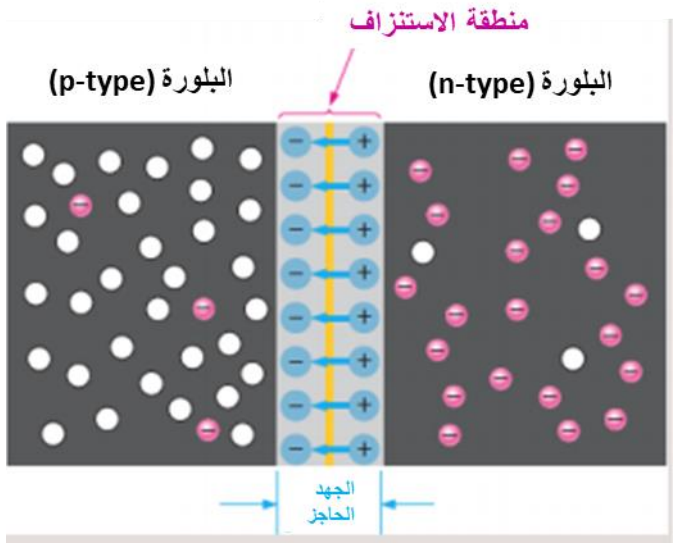
- **عند تلامس البلورتين مع بعضهما** ينشا فرق جهد بين البلورتين مكونه مجال كهربائي خارجي ينشا عنه تيار يدعى تيار الانتشار.





- وبالتالي تنتشر بعض من الالكترونات الحرة (حاملات الشحنة الأغلبية) القريبة من الملتقى(الوصلة الثنائية) في البلورة (n-type) الى البلورة (p-type) تاركه مكانها منطقة بصورة ايونات موجبة على طرف البلورة (n-type). (وبمعنى اخر عندما تفقد البلورة (n-type) الالكترونات الحرة (حاملات الشحنة الاغلبية) تنكشف ذرات الشوائب على هيئة ايونات موجبه).
- وعند انتشار الالكترونات (حاملات الشحنة الأغلبية) من البلورة (n-type) الى بلورة (p-type) عبر الملتقى (الوصلة الثنائية) ترغب الفجوات (حاملات الشحنة الأغلبية) القريبة من الملتقى (الوصلة الثنائية) في الالتحام مع الالكترونات مكونه مكانه منطقة بصورة ايونات سالبة على طرف البلوة (p-type).(وبمعنى أخر عندما تكتسب البلورة (p-type) الكترونات فأنها تتحد مع فجوات الذرات الشوائب الفارغة على طرف الملتقى وتنكشف ذرات الشوائب على هيئة أيونات سالبة)
- والمنطقتين المكونتين من الايونات الموجبة والايونات السالبة فقط تدعى منطقة الاستنزاف.
- وبالتالي ينشأ فرق جهد داخلي في منطقة الاستنزاف (ناتج عن منطقة الايونات الموجبة ومنطقة الأيونات السالبة) ينتج عنه مجال كهربائي داخلي أخر يولد تيار يسمى تيار الانسياب وهو معاكس تيار الانتشار (حركة تيار الانسياب من منطقة الأعلى جهد (الايونات الموجبة) الى منطقة الاقل جهد (الايونات السالبة)).

- وباستمرار انتشار بعض الالكترونات من البلورة (n-type) الى البلورة (p-type) يزداد فرق الجهد الداخلي تدريجيا في منطقة الاستنزاف بين البلورتين (بسبب زيادة الايونات الموجبة في طرف البلورة (n-type) والايونات السالبة في طرف البلورة (p-type)) حتى يصل لقيمة تمنع انتشار المزيد من الإلكترونات من البلورة (n-type) الى الفجوات التي ترغب في الالتحام في البلورة (p-type).



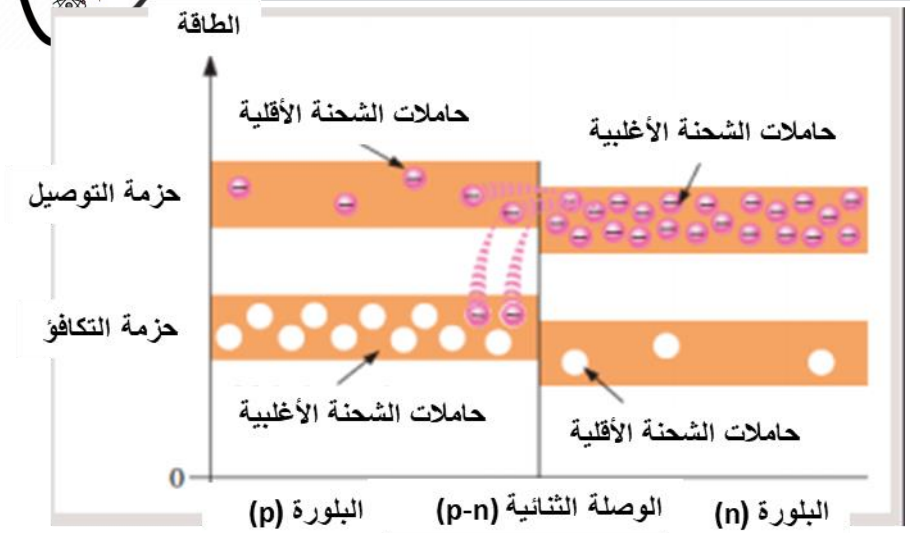
- عندها ينشا الجهد الحاجز مما يؤدي الى تساوي التيارين المتعاكسين (تيار الانتشار = تيار الانسياب) ويثبت الجهد الحاجز وينتج عن ذلك حالة اتزان بالوصلة الثنائية p-n(الديود).
- ملاحظة : يجب على الالكترونات تكتسب طاقة من مصدر جهد اخر (البطارية) تكون أعلى من الجهد الحاجز لكي تستمر الانتشار.

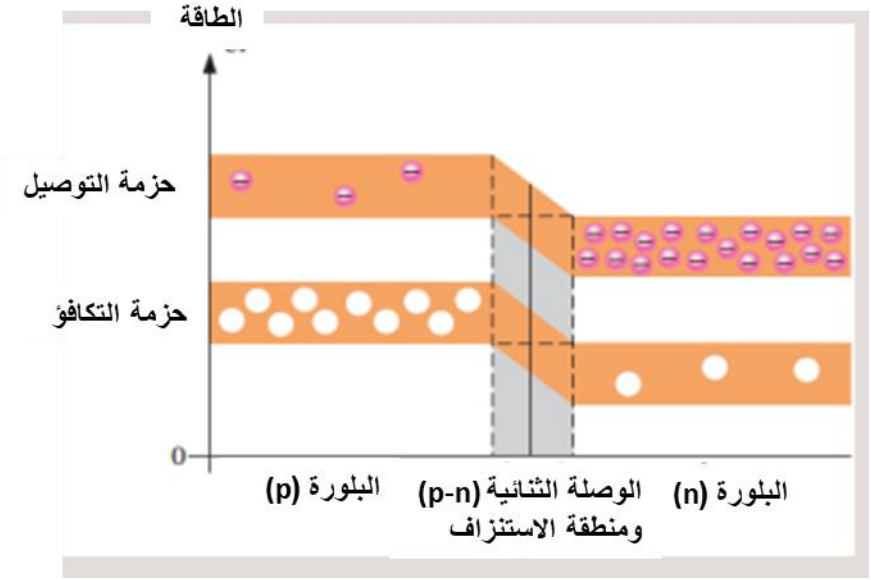
- الجهد الحاجز : هو فرق الجهد الداخلي في منطقة الاستنزاف نتيجة في زيادة عدد الايونات الموجبة في منطقة بلورة(n-type) والايونات السالبة في منطقة بلورة (p-type) مما يؤدي لمنع انتشار المزيد من الالكترونات من البلورة (n-type) الى البلورة (p-type).

- تكون قيمة الجهد الحاجز(V_D) بين V(0.1 -1) أي أن قيمته عمليا بالنسبة للجرمانيوم تساوي (0.3 V) وللسيلكون (0.7 V) في درجة الحرارة الاعتيادية (درجة حرارة الغرفة).

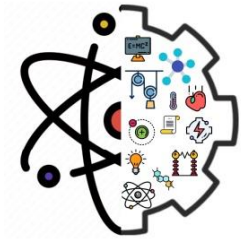
- تيار الانتشار :هو التيار الناتج عن المجال الكهربي الخارجي بسبب تلامس البلورتين مع بعضهما ناتج عنه انتشار بعض الالكترونات من البلورة (n-type) عبر الملتقى حتى تتحد مع الفجوات التي ترغب بالالتحام في البلورة (p-type) .
- تيار الانسياب : هو التيار الناتج عن المجال الكهربي الداخلي في منطقة الاستنزاف الناتج من الأيونات الموجبة في منطقة البلورة (n-type) والأيونات السالبة في منطقة البلورة (p-type) على جانبي موضع التلامس وهو عكس تيار الانتشار.
- منطقة الاستنزاف :منطقة خالية من حاملات الشحنة (الالكترونات السالبة والفجوات الموجبة) وتحتوي على ايونات موجبة على طرف منطقة (n-type) وايونات سالبة على طرف منطقة (p-type).
- الملتقى : هو المنطقة الفاصلة بين البلورة (p-type) والبلورة (n-type).

الرسم البياني لمخطط حزم الطاقة بين البلورتين :





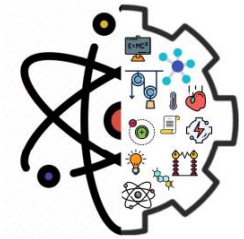
- في مخطط حزم الطاقة نجد ان حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل في البلورة (n) أقل مستوى طاقة من البلورة (p) ، ولكن يوجد بينهما قدر كبير من التداخل .
- الالكترونات الحرة في البلورة (n) التي توجد في الجزء العلوي من حزمة التوصيل تمتلك طاقة يمكنها أن تنتشر بسهولة عبر الملتقى وتصبح مؤقتا الكترونات حرة في الجزء السفلي من حزمة التوصيل في الجزء السفلي في البلورة (p).
- وبعد الانتشار الالكترونات الحرة سرعان ما تفقد طاقتها وتلتحم مع الفجوات الموجودة في حزمة التكافؤ في البلورة (p) .
- وباستمرار الانتشار من الالكترونات الحرة تتشكل منطقة الاستنزاف وحزمة التوصيل في البلورة (n) تنخفض ، وذلك بسبب ان كل الالكترونات الحرة الموجودة في حزمة التوصيل في البلورة (n) فقدت كل الالكترونات التي تمتلك طاقة عالية التي انتشرت في البلورة (P).
- وبعد تشكيل منطقة الاستنزاف ، لا يوجد الكترونات متبقيه في البلورة (n) في حزمة التوصيل تمتلك طاقة كافيه حتى تستطيع عبور و الانتشار الى حزمة التوصيل في البلورة (p).



ثالثا

03

الوصلة الثنائية (p-n) عند تطبيق جهد الانحياز



الوصلة الثنائية (p-n) عند تطبيق جهد الانحياز:

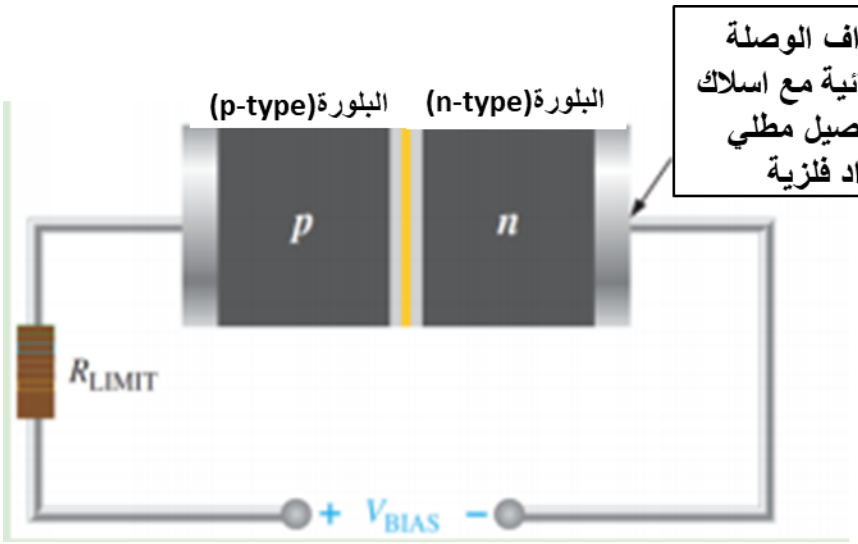
جهد الانحياز (فولطية الانحياز) وهو فرق جهد مستمر(مصدر جهد خارجي مثل البطارية) ويتم توصيله مع الوصلة الثنائية p-n بعد ما حصلنا على حالة اتزان وتشكل لنا وصلة ثنائية حتى نتمكن من توفير ظروف عملية مناسبة لعمل الوصلة الثنائية في الدائرة الكهربائية.

يوجد نوعان من الانحياز (التوصيل)هما :

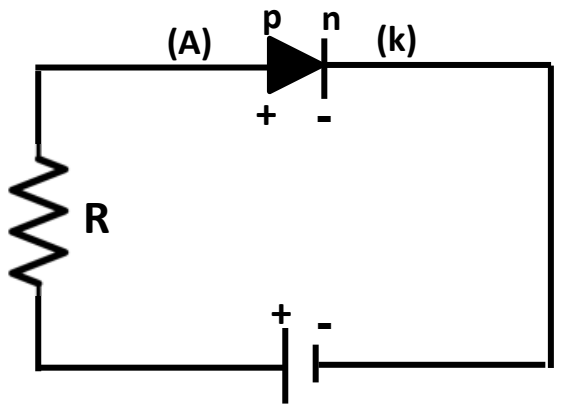
1- الانحياز الأمامي (التوصيل الأمامي) (Forward Bias) .

2- الانحياز العكسي (التوصيل العكسي)(Reverse Bias).

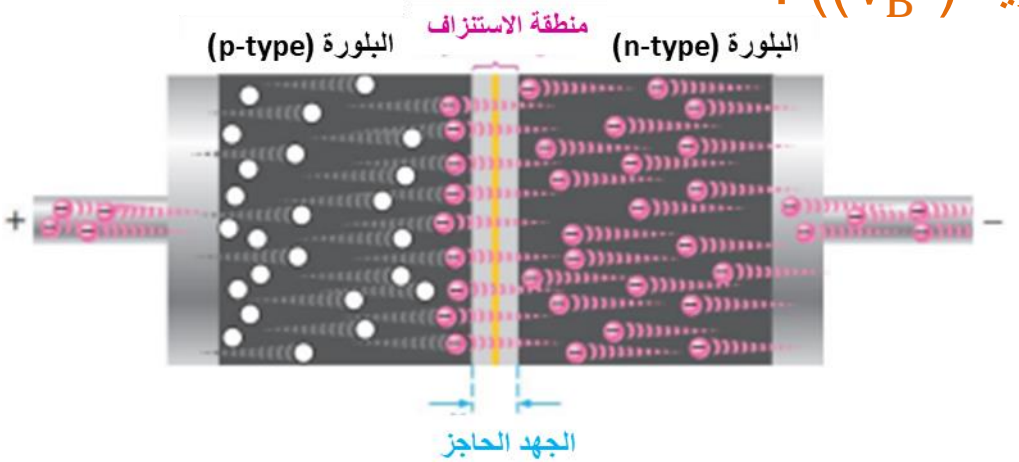
الانحياز الأمامي (التوصيل الأمامي):



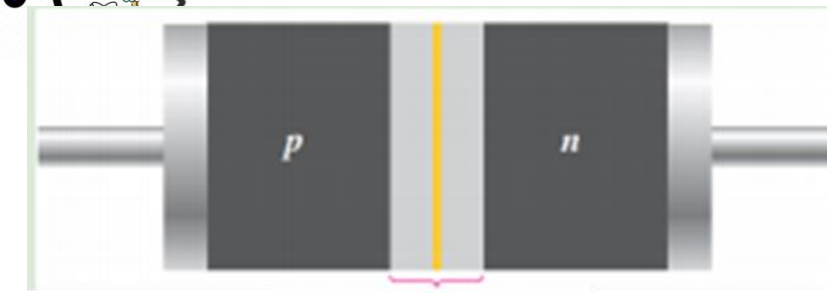
- في الانحياز الامامي يسمح لتيار بالمرور في الوصلة الثنائية (p-n).
- يكون التوصيل للوصلة الثنائية p-n بجهد الانحياز (البطارية (V_B))المطبق بالانحياز الأمامي (التوصيل الأمامي)عن طريق ربط قطب البطارية الموجب مع البلورة (p-type) وربط قطب البطارية السالب مع البلورة (n-type).
- ولكي نسمح بمرور التيار في الانحياز الأمامي يجب ان تكون جهد الانحياز البطارية أكبر من جهد الحاجز.



ماذا يحدث للوصلة الثنائية (p-n) عند تطبيق جهد الانحياز الأمامي (البطارية (V_B)) :

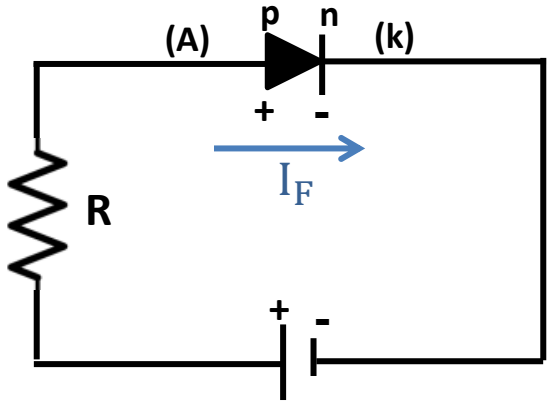


- تتنافر قطب البطارية السالب مع حاملات الشحنة الأغلبية الالكترونات في البلورة (n-type) مما يجعلها تمتلك طاقة حتى تتدفق في جهة منطقة الاستنزاف لكي تتمكن من التغلب على الجهد الحاجز وتنتشر في البلورة (p-type).
- وبالمقابل في البلورة (p-type) ، هذه الالكترونات التوصيل تفقد طاقة كافية لتتحد على الفور مع الفجوات التي ترغب بالالتحام في حزمة التكافؤ.
- قطب البطارية الموجب تجذب الكترونات التكافؤ باتجاه الطرف الايسر الى نهاية البلورة (p-type).
- وبالتالي الكترونات التكافؤ تتحرك من فجوة الى فجوة أخرى وباتجاه اليسار .
- وعندما تتدفق الالكترونات من البلورة (p-type) ، فأنها تترك فجوات خلفها في البلورة (p-type).



منطقة الاستنزاف
قبل تطبيق جهد الانحياز

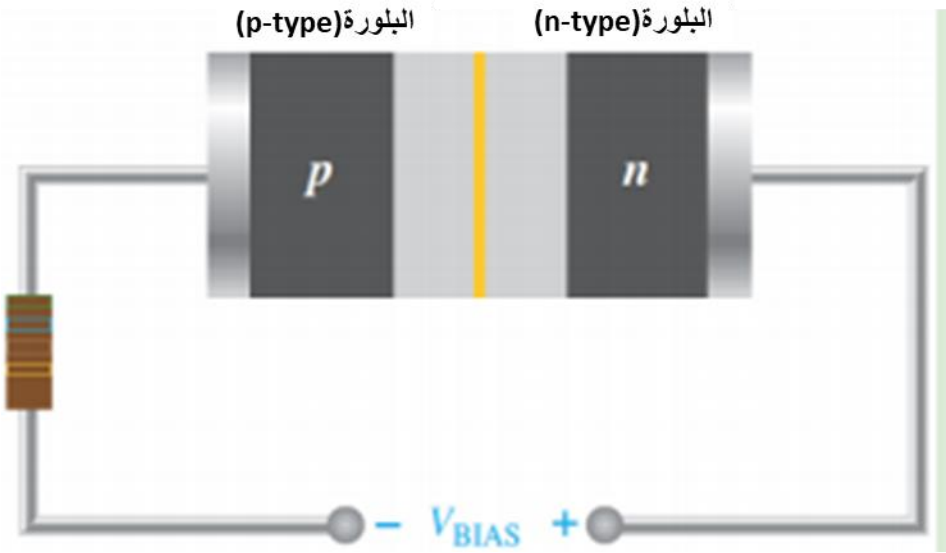
منطقة الاستنزاف
بعد تطبيق جهد الانحياز

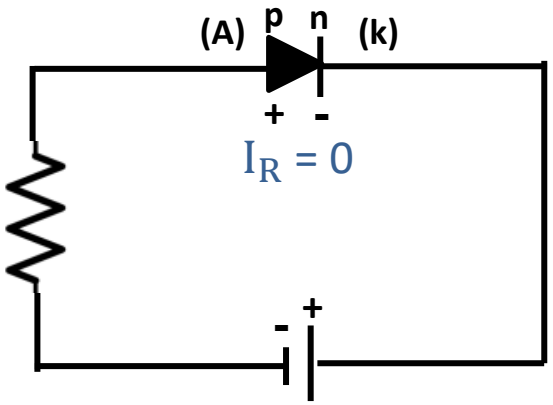


- وبالتالي تحت تدفق الالكترونات الى منطقة الاستنزاف ، يتم تقليل عدد الأيونات الموجبة
- وايضا وبجذب قطب البطارية الموجب الكترونات التكافؤ الى نهاية البلورة (p-type) مما يؤدي الى تقليل الايونات السالبة في منطقة الاستنزاف .
- وبالتالي يؤدي هذا الانخفاض في الأيونات الموجبة والسالبة أثناء الانحياز الأمامي الى تضييق منطقة الاستنزاف حتى تكاد أن تتلاشى .
- وبالتالي ينشأ تيار يمر خلال الوصلة الثنائية p-n يدعى تيار الانحياز الأمامي يرمز له بالرمز (I_F) وتكون قيمته بوحدة (mA)ويكون حركته من المصعد الى المهبط.
- ونلاحظ بان الوصلة الثنائية في حالة الانحياز الامامي تعمل كمفتاح مغلق بوضع (on) لكي يسمح بمرور التيار في الدائرة الكهربائية (من المصعد الى المهبط).
- نظرا ان مقاومة الجهد الحاجز في الوصلة الثنائية (R_D) صغيره جدا ، لذا يتم اضافة مقاومة في الدائرة الكهربائية لعدم مرور تيار عالي جدا عبر الوصلة الثنائية حتى لا يتم حرقة وتلفه .

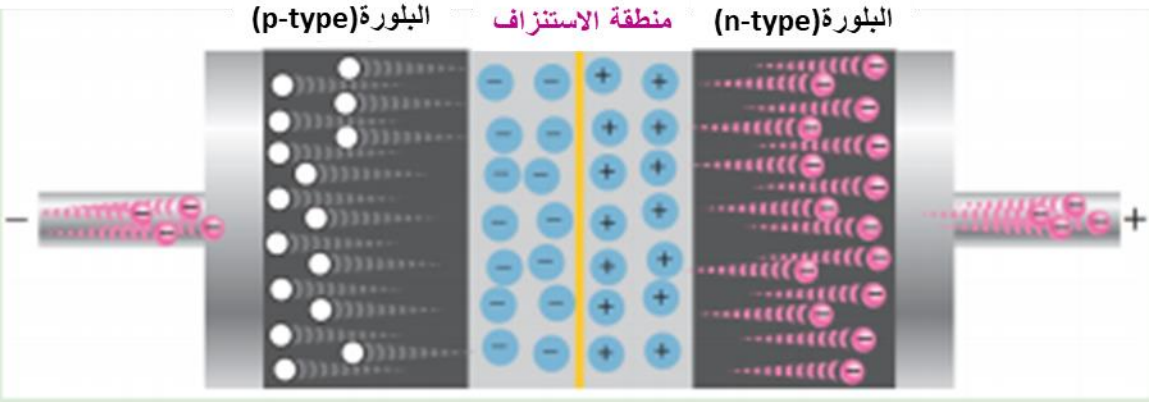
الانحياز العكسي (التوصيل العكسي):

- في الانحياز العكسي لا يسمح بالتيار بالمرور في الوصلة الثنائية (p-n).
- يكون التوصيل للوصلة الثنائية p-n بجهد الانحياز (البطارية (V_B))المطبق بالانحياز العكسي (التوصيل العكسي)عن طريق ربط قطب البطارية الموجب مع البلورة (n-type) وربط قطب البطارية السالب مع البلورة (p-type).
- ومن الشكل لاحظ ان منطقة الاستنزاف في الوصلة الثنائية تكون واسعة أكثر من الانحياز الامامي وحالة الاتزان .



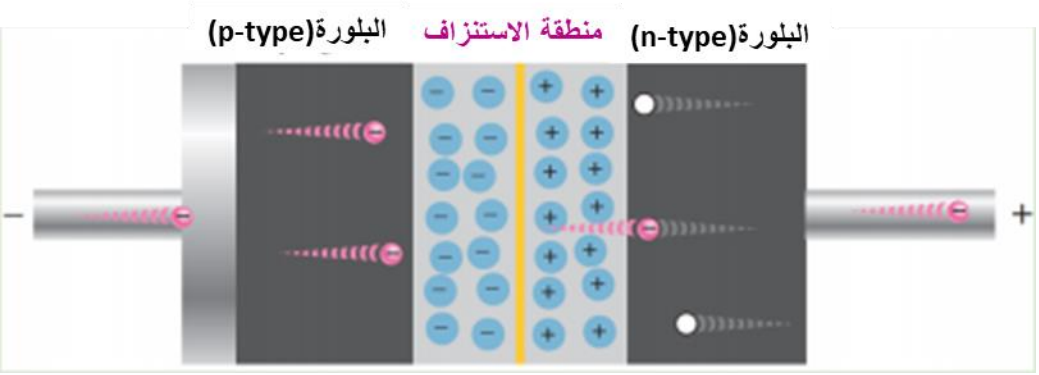


ماذا يحدث للوصلة الثنائية (p-n)وعند تطبيق جهد الانحياز العكسي (البطارية (V_B)) :



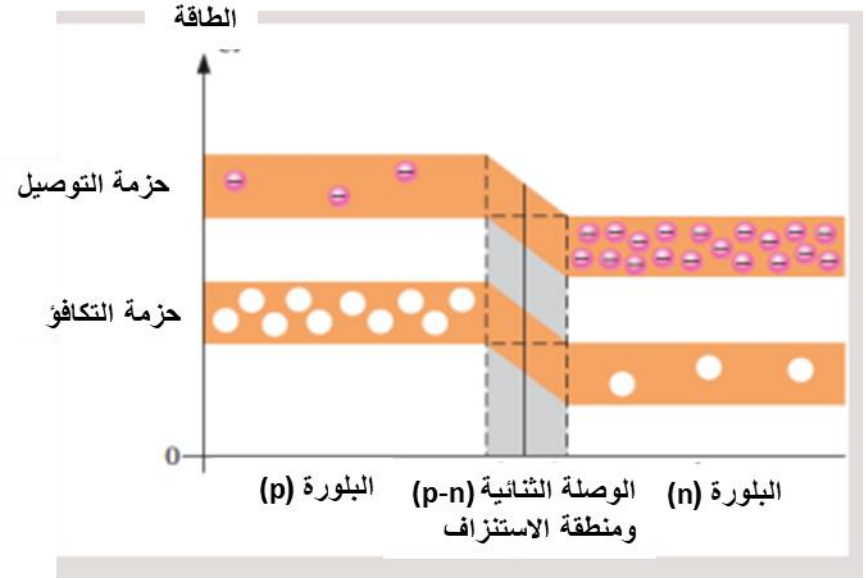
- تتجاذب الإلكترونات حاملات الشحنة الأغلبية من البلورة (n-type) مع قطب البطارية الموجب مما يجعلها تبتعد عن منطقة الاستنزاف في البلورة (n-type) الى جهة القطب البطارية الموجب تاركه مكانه ايونات موجبة تعزز في اتساع منطقة الاستنزاف في البلورة (n-type).
- وفي المقابل تتدفق الالكترونات من القطب السالب (البطارية) في البلورة (p-type) (أي أن الالكترونات تتدفق من القطب السالب الى البلورة (p-type)) وبالتالي كل الكترون يتحرك من فجوه الى فجوه أخر حتى تقترب الالكترونات الى منطقة الاستنزاف وتتحد مع الفجوات تاركه مكانه ايونات سالبة تعزز في اتساع منطقة الاستنزاف في جهة البلورة (p-type) .
- وبالتالي كلما زاد جهد الانحياز (البطارية) الى قيمة معينة : تستمر في زيادة تدفق الالكترونات من البلورة (n-type) الى القطب الموجب للبطارية وبالمقابل تستمر في زيادة تدفق الالكترونات من القطب السالب الى البلورة (p-type) وبالتالي تستمر في زيادة عدد الايونات الموجبة والايونات السالبة مما يؤدي الى زيادة في عرض منطقة الاستنزاف وتزداد فرق الجهد في منطقة الاستنزاف ناتجه عنه زيادة في المجال الكهربائي الداخلي في منطقة الاستنزاف مما يجعل الجهد الحاجز قوي .

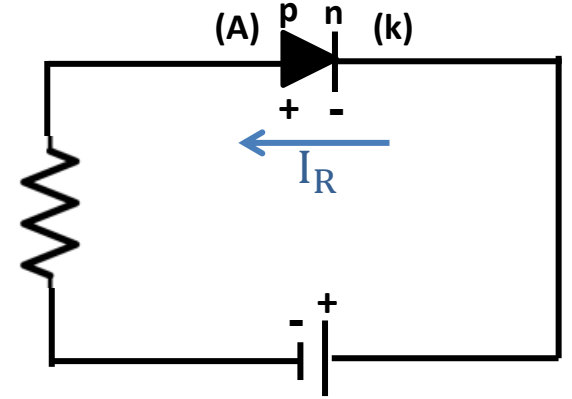
- وبالتالي يصبح المجال الداخلي الناشئ عن الأيونات الموجبة والسالبة في منطقة الاستنزاف يساوي المجال الخارجي الناشئ عن جهد الانحياز (البطارية) ، مما يؤدي الى توقف تدفق الالكترونات في الطرفين ، مما يؤدي الى عدم مرور تيار في الوصلة الثنائية في الانحياز العكسي .

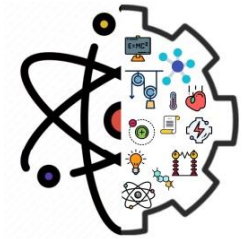


- وعند توقف حاملات الشحنة الأغلبية من التدفق وعدم مرور التيار من خلاله ، يوجد تيار صغير جدا (يمكن اهماله) يدعى تيار التسريب العكسي ويرمز له (I_R) وتكون قيمته بوحدة (μA) هذا التيار ناتج عن حاملات الشحنة الأقلية في البلورة (p-type) والبلورة (n-type) التي تنتجها زوج من الكترون- فجوة المتولدة حراريا .

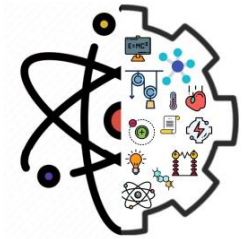
- وبالتالي فان حزمة التوصيل في البلورة (p-type) تكون اعلى مستوى طاقة من حزمة التوصيل في البلورة (n-type) ، لذا فان الالكترونات حاملات الشحنة الأقلية تتحرك من اعلى مستوى طاقة الى اقل مستوى طاقة وتستطيع عبور منطقة الاستنزاف بكل سهوله ثم الانتشار في البلورة (n-type) لأنها لا تتطلب طاقة اضافية من مصدر خارجي .







- واذا تم زيادة الجهد الانحياز العكسي الى قيمة تسمى جهد الانهيار ، فان التيار العكسي يزداد بشكل كبير .
- الجهد الانحياز العكسي العالي ينقل طاقة الى الالكترونات الحرة (حاملات الشحنة الأقلية) بحيث تمتلك طاقة كافية وتتصادم بين الذرات بسرعة مما يؤدي الى اخراج الكترونات التكافؤ الى حزمة التوصيل .
- وبالتالي الالكترونات التوصيل التي تم أنشاؤها حديثا تمتلك طاقة عالية وتكرر العملية من جديد .
- وبالتالي تتكاثر الالكترونات مما ينتج لدينا ظاهرة تأثير الانهيار في الدايود.
- ونلاحظ ان الوصلة الثنائية في حالة الانحياز العكسي تعمل كمفتاح مفتوح بوضع (off) لكي لا يسمح بمرور التيار في الدائرة الكهربائية.



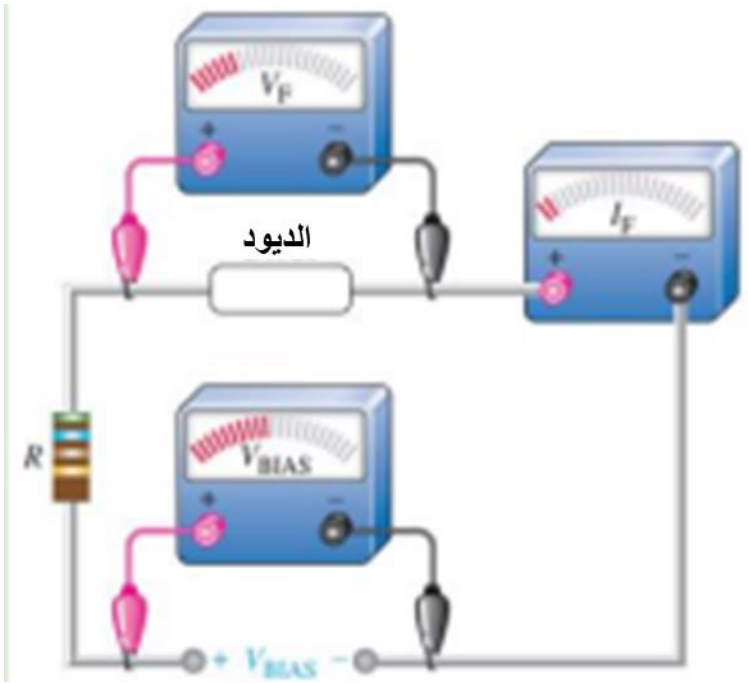
رابعا

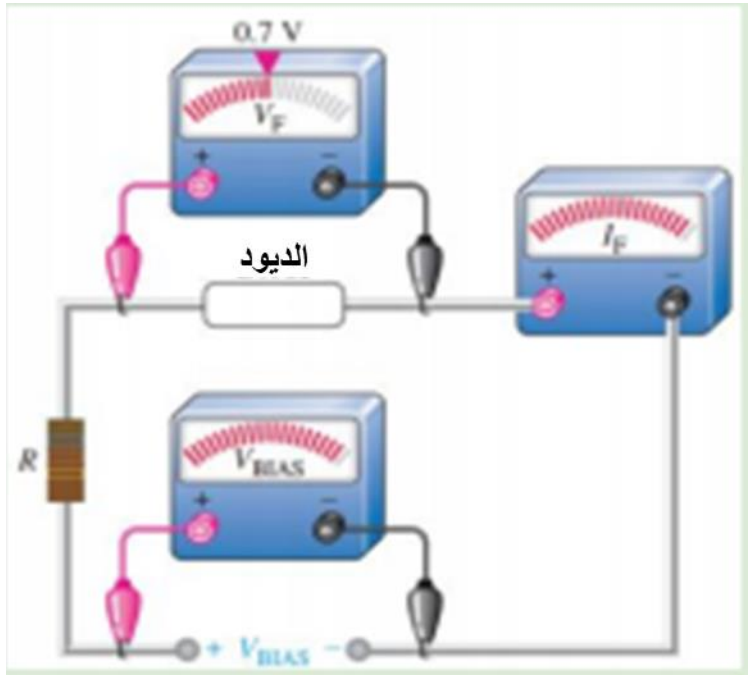
04

منحنى الخواص (I-V) للوصلة الثنائية

منحنى الخواص (I-V) للوصلة الثنائية (p-n) في حالة الانحياز الأمامي:

- عند ما يتم تطبيق جهد الانحياز الأمامي عبر الدايود يوجد تيار هذا التيار يسمى التيار الأمامي (I_F).

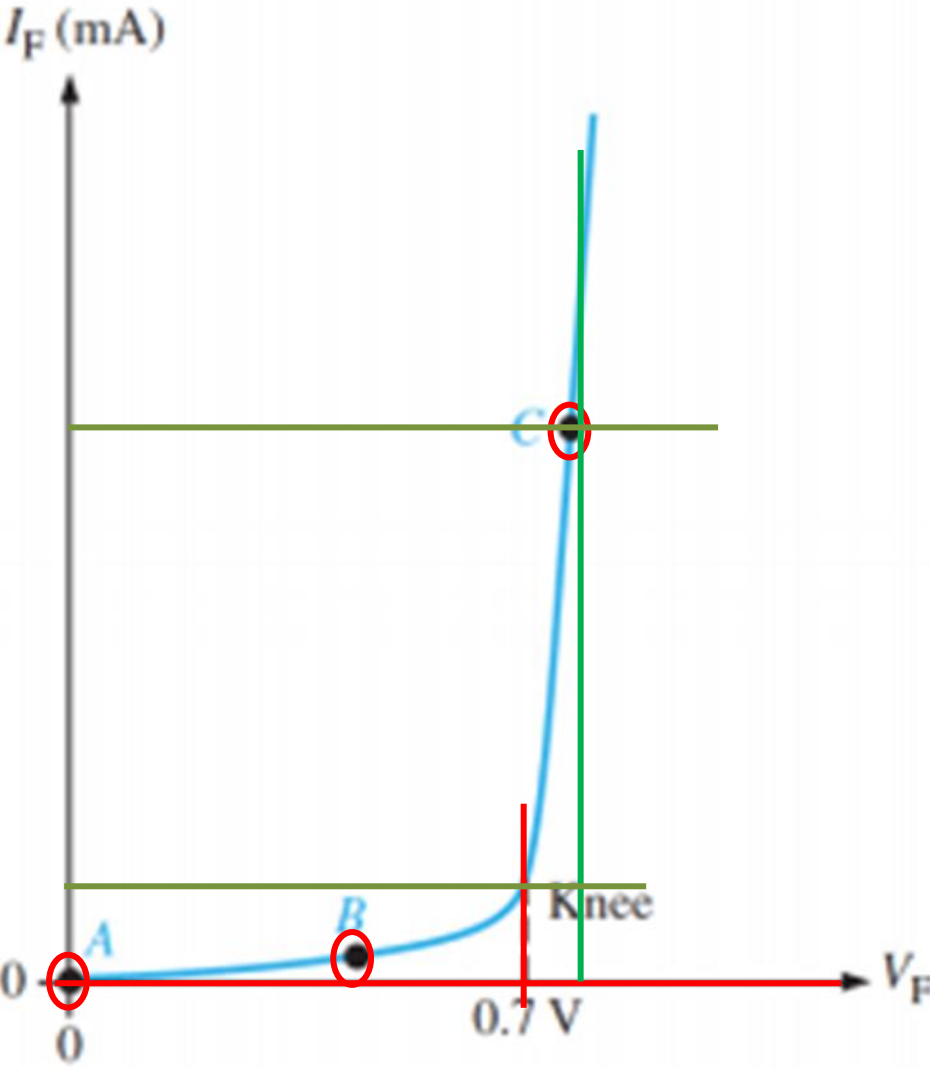




عند ما يصل الجهد الأمامي تقريبا 0.7V فان التيار الأمامي يرتفع ويستمر في الارتفاع مع زيادة جهد الانحياز الأمامي المطبق .

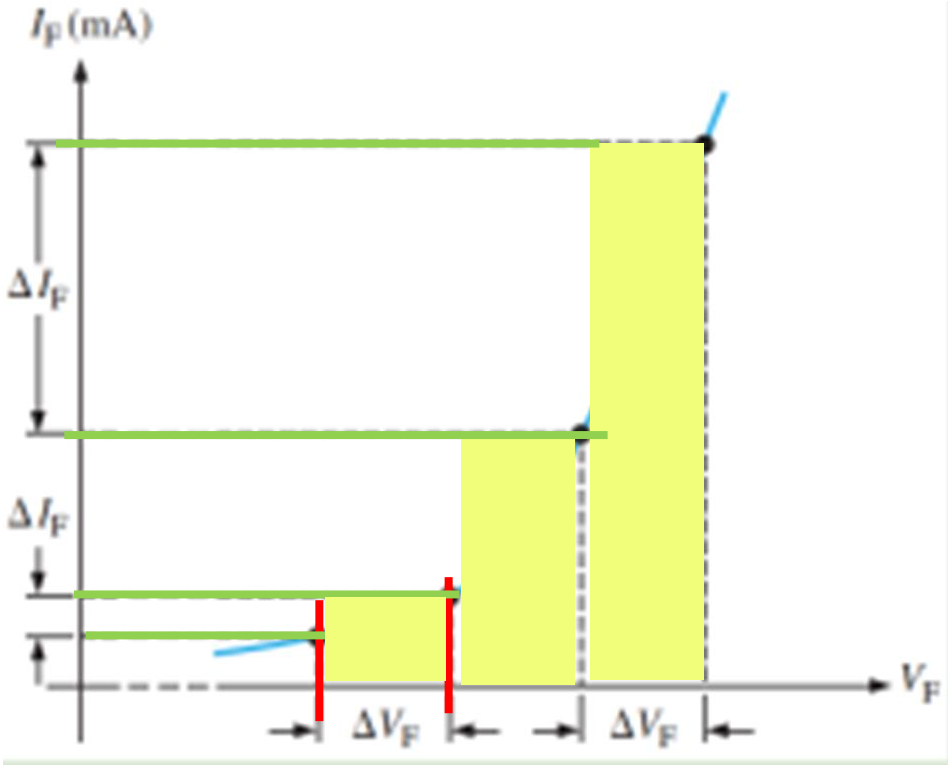
عند تطبيق جهد انحياز امامي صغير (V_F< 0.7 V) ، تيار أمامي صغير جدا .

الرسم البياني للمنحنى (I-V):



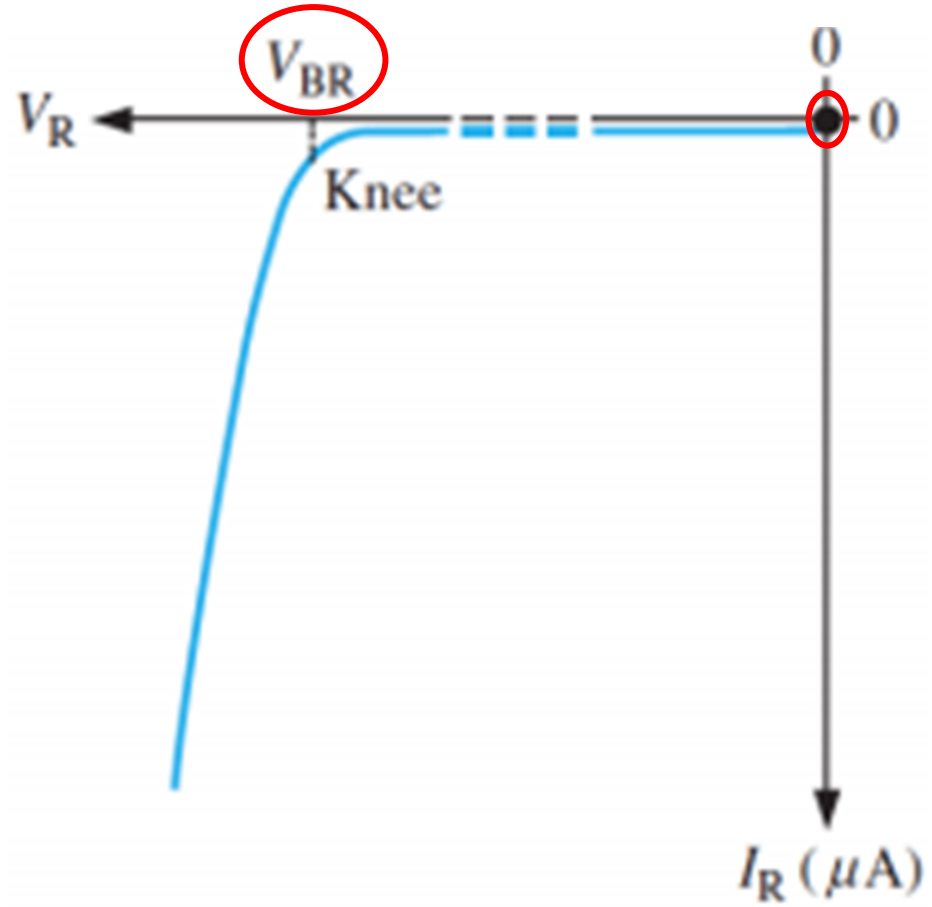
- يزداد الجهد الأمامي للدايود الى اليمين على طول المحور الأفقي ، ويزداد التيار للأعلى على طول المحور الرأسي .
- عند النقطة(A) يكون الجهد الأمامي يساوي صفر بما أن الجهد الانحياز المطبق عند الصفر.
- عند النقطة (B)يكون الجهد الأمامي أقل من الجهد الحاجز (0.7V).
- عند النقطة (0.7 V)يكون الجهد الأمامي يساوي تقريبا الجهد الحاجز (0.7V).
- عند النقطة (C)يكون الجهد الأمامي أكبر بقليل من الجهد الحاجز (0.7V).
- ومع استمرار تطبيق جهد الانحياز الخارجي فان التيار الأمامي سيرتفع فوق الركبة لذا فان الجهد الأمامي راح يرتفع قليلا فوق 0.7 .

المقاومة الديناميكية :



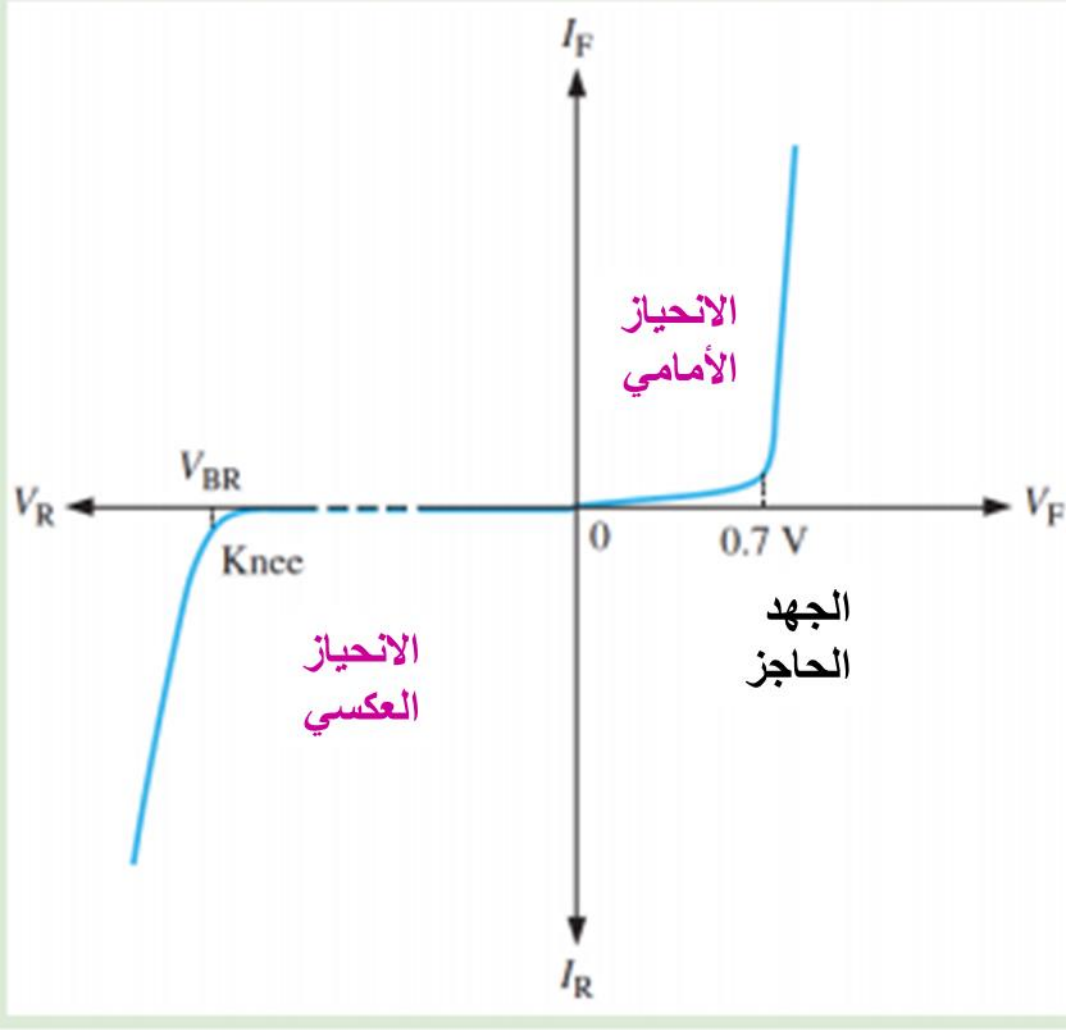
- المقاومة في الانحياز الامامي للدايود ليست ثابته على المنحنى بأكمله .لذا يطلق عليه مقاومة ديناميكية أو مقاومة (ac) ويرمز له (r'_d).
- تحت ركبة المنحنى تكون المقاومة أكبر لان التيار يزيد بمقدار قليل جدا من التغير المعطى في الجهد ($r'_d = \Delta V_F/\Delta I_F$).
- تبدا المقاومة في الانخفاض في منطقة الركبة من المنحنى وتصبح أصغر فوق الركبة حيث يوجد تغيير كبير في التيار لتغير معين في الجهد.

منحنى الخواص (V-I) للوصلة الثنائية (p-n) في حالة الانحياز العكسي :

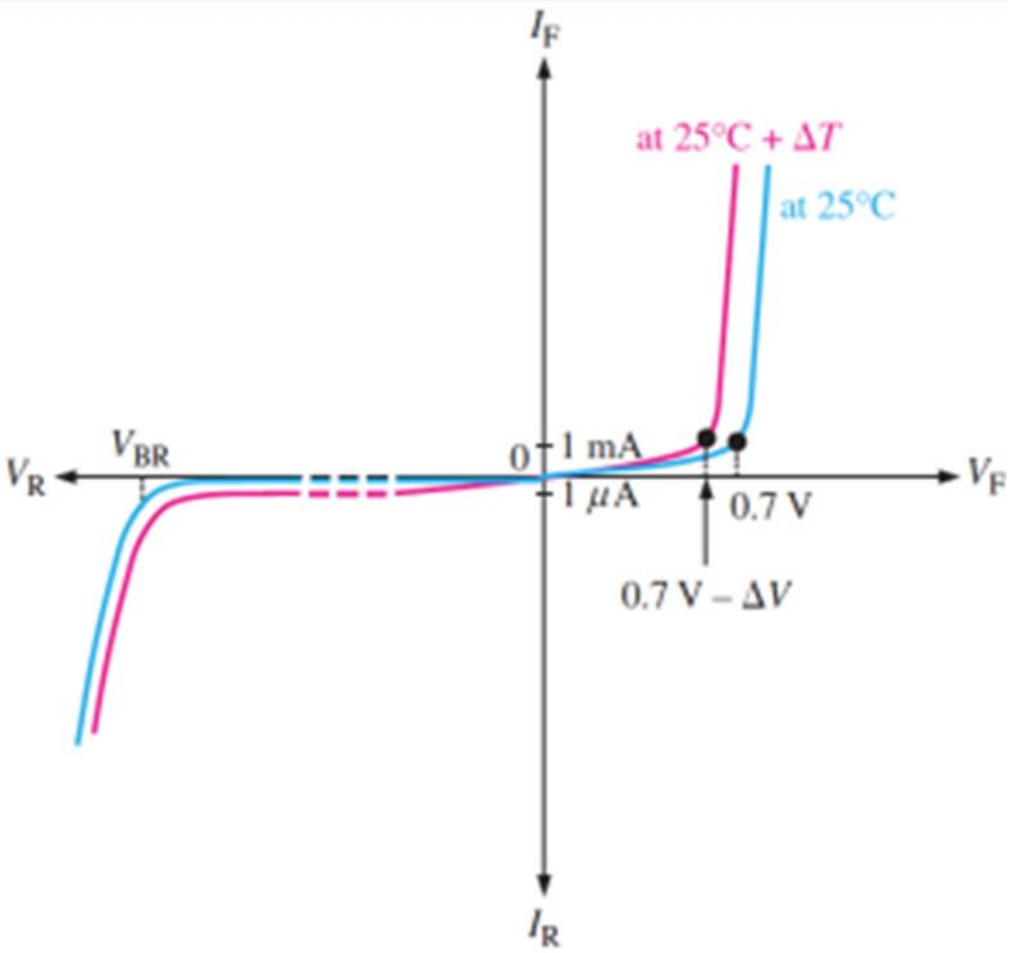


- عندما يتم تطبيق جهد الانحياز العكسي في الدايود لا يوجد الا تيار صغير جدا يعبر خلال الوصلة الثنائية (p-n) .
- عند (0V)يكون الجهد العكسي يساوي صفر بما أن الجهد الانحياز المطبق عند الصفر.
- وكلما زاد (V_R) تدريجيا يوجد تيار عكسي صغير جدا ويزداد الجهد في الدايود.
- عندما يتم زيادة جهد الانحياز المطبق الى قيمة معينه حيث تصل (V_R) الى قيمة الانهيار (V_{BR}) عندها يبدأ التيار بالزيادة بشكل سريع .
- مع الاستمرار في زيادة (V_R) يستمر التيار في الزيادة بسرعة كبيرة ، ولكن الجهد في الدايود يزداد بشكل قليل جدا فوق (V_{BR}).

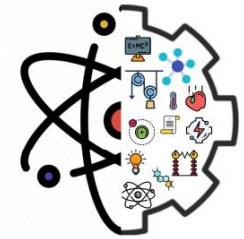
منحنى الخواص (I-V) للوصلة الثنائية (p-n) بالشكل الكامل :



تأثير درجة الحرارة :



- بالنسبة للدايود في حالة الانحياز الامامي ، مع زيادة درجة الحرارة يزداد التيار الأمامي وينخفض الجهد الأمامي .
- ينخفض الجهد الحاجز بمقدار (2mV) لكل درجة زيادة في درجة الحرارة .
- بالنسبة للدايود في حالة الانحياز العكسي ، مع زيادة درجة الحرارة يزداد التيار العكسي .
- ملاحظة : ولا يزال التيار العكسي أسفل جهد الانهيار صغير جدا ويمكن اهماله .

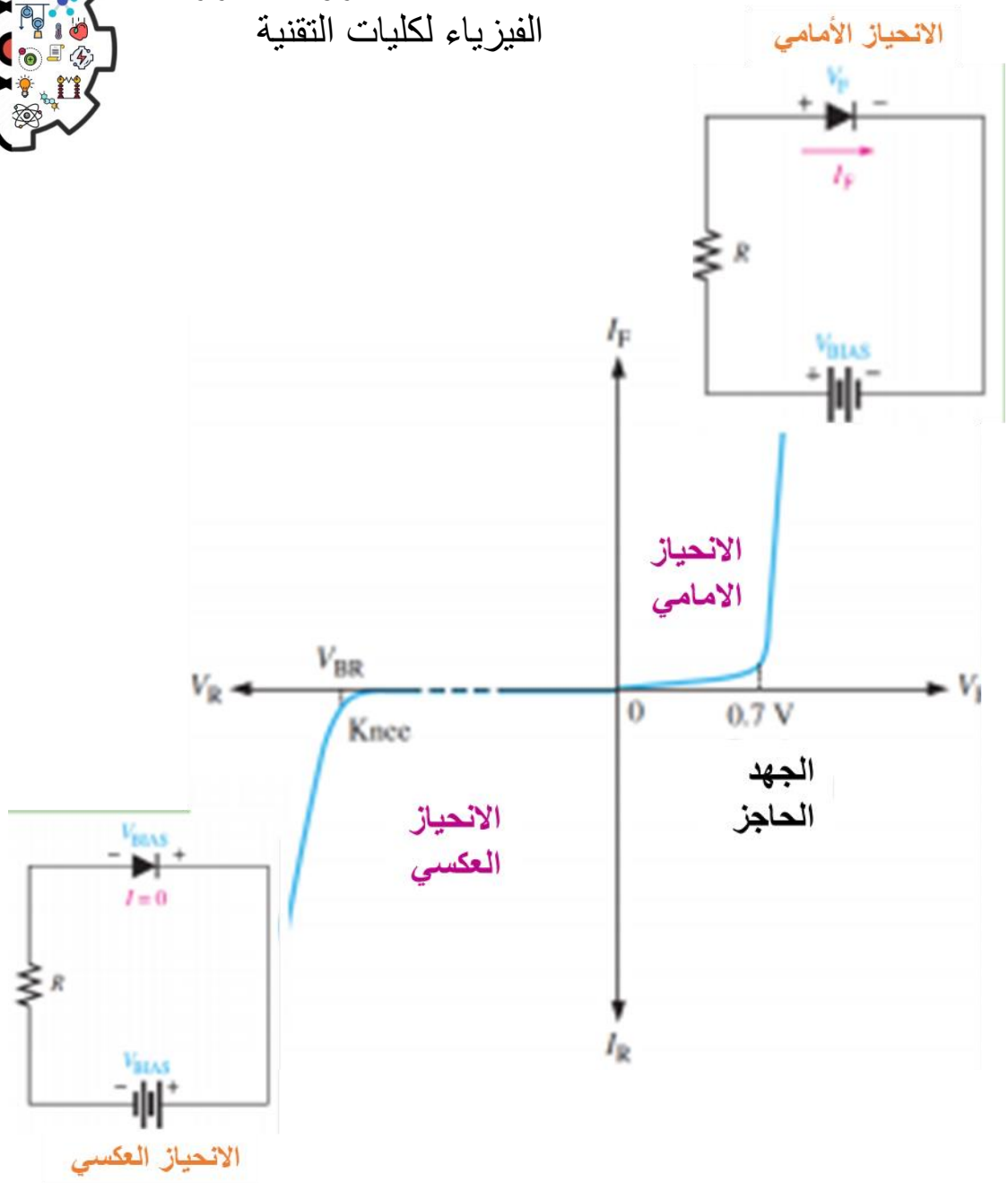


خامسا

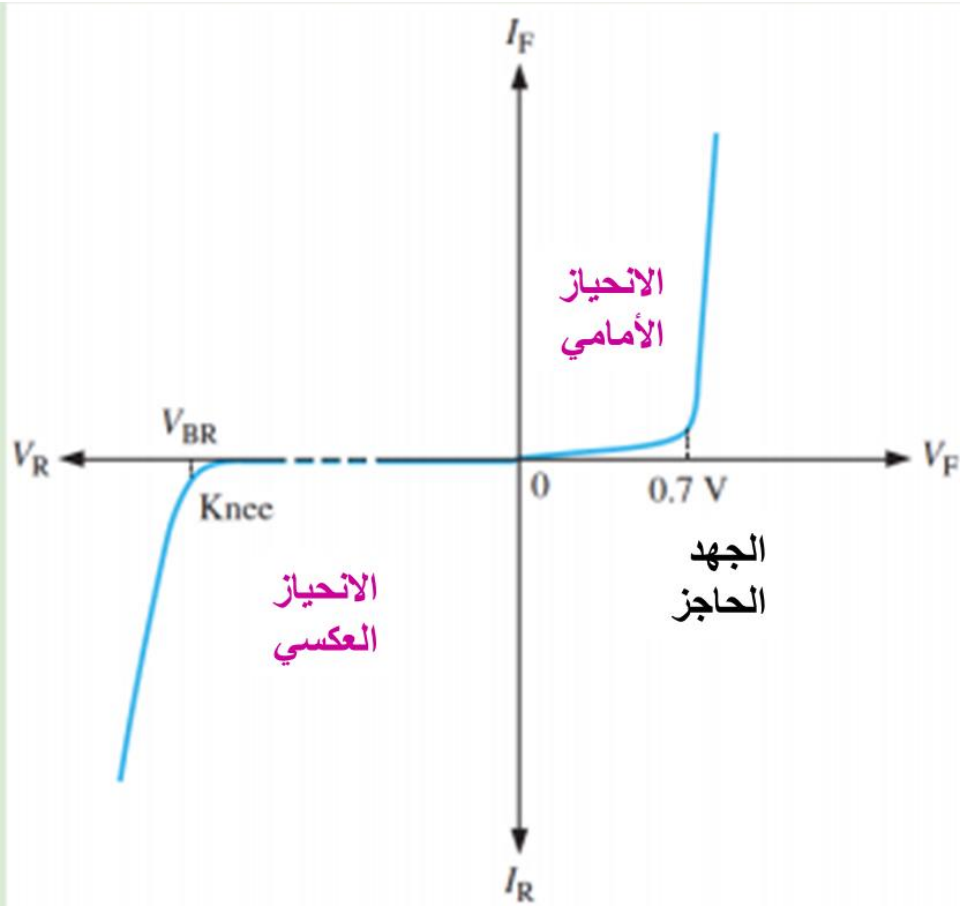
05 نماذج الدايود

نماذج الدايود :

- في الالكترونيات نماذج الدايود تشير الى النماذج الرياضية المستخدمة لتقريب السلوك الفعلي للدايودات الحقيقية لتمكين من الحسابات وتحليل الدائرة.
- منحنى الدايود (I-V) يعتبر غير خطي (والتي يتم وصفه بواسطة قانون شوكلي للدايود).
- وهذا السلوك الغير خطي يعقد العمليات الحسابية في الدوائر التي تتضمن الدايودات ، لذا غالبا ما تكون هناك حاجة الى نماذج أبسط.



نموذج شوكلي لدايود (Shockley diode model) :



- معادلة شوكلي للدايود تربط تيار الدايود (I_D) الخاص بالوصلة الثنائية (p-n) بالجهد الدايود (V_D) هذه العلاقة هي خواص الديود (I-V):

$$I_D = I_S\left(e^{\frac{nV_D}{T_K}} - 1\right)$$

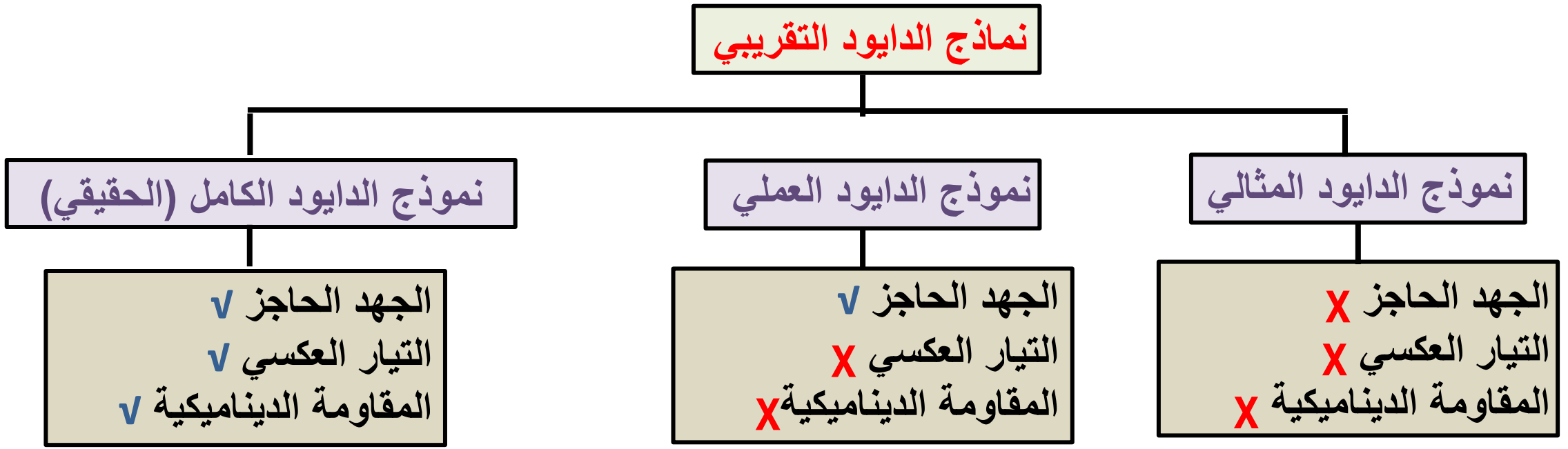
حيث: I_D= التيار المتدفق عبر الوصلة الثنائية.

I_S= التيار العكسي المعتمد على درجة الحرارة .

V_D= هو فرق الجهد عند اطراف الوصلة الثنائية.

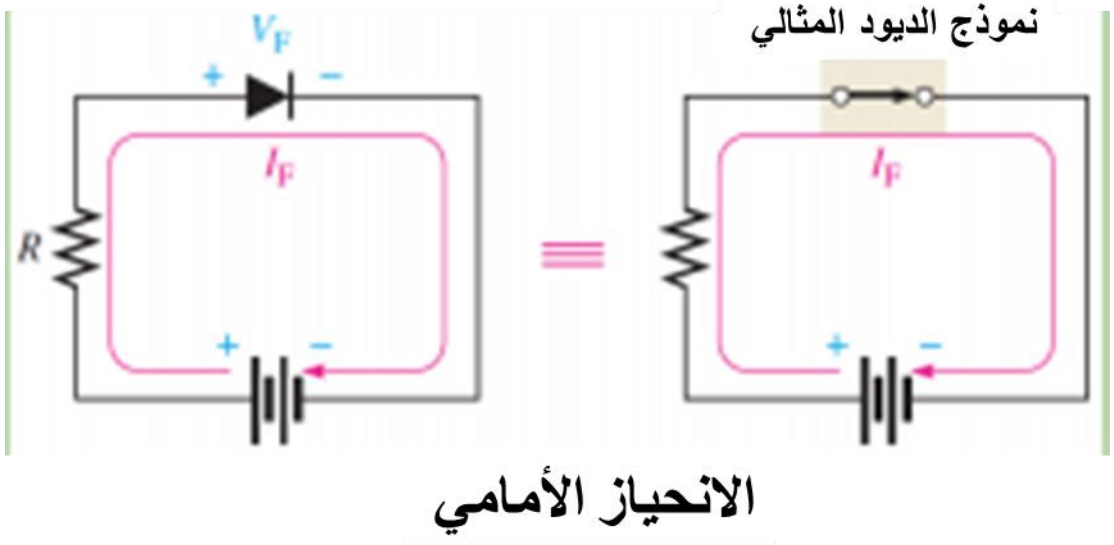
n= هو عامل المثالية ، والمعروف باسم عامل الجودة ، والذي يعتمد على عملية تصنيع الوصلة الثنائية ، والذي يكون في حالة الجرمانيوم (1) و السيلكون (2).

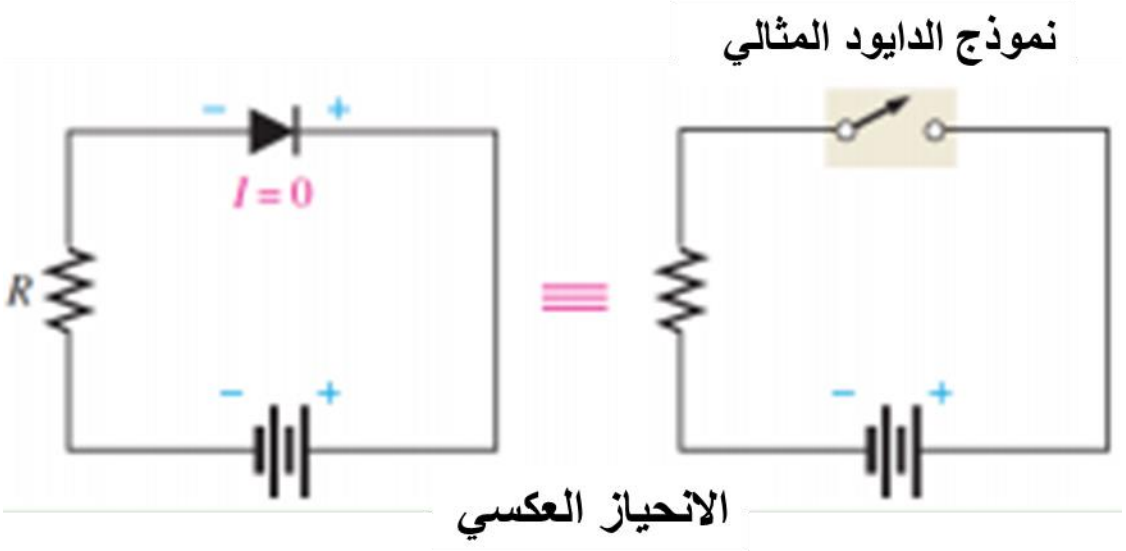
T_K= درجة الحرارة بالكلفن . $T_K = T_C + 273°$


نماذج الدايود التقريبي
نموذج الدايود المثالي
الجهد الحاجز X
التيار العكسي X
المقاومة الديناميكية X
نموذج الدايود العملي
الجهد الحاجز √
التيار العكسي X
المقاومة الديناميكيةX
نموذج الدايود الكامل (الحقيقي)
الجهد الحاجز √
التيار العكسي √
المقاومة الديناميكية √

نموذج الدايود المثالي (The Ideal Diode Model) :

- نموذج الدايود المثالي هو أقل دقه في التقريب ويمكن تمثيله كمفتاح بسيط في الدائرة.
- وعندما يكون الدايود في الانحياز الامامي ، فانه يعمل بشكل مثالي مثل مفتاح مغلق ، بوضع (on).
- وعندما يكون الدايود في الانحياز العكسي ، فانه يعمل بشكل مثالي مثل مفتاح مفتوح ، بوضع (off).





- يفترض أن يكون للدايود جهد صفر عندما يكون في الانحياز الأمامي ، كما هو موضح بالشكل نلاحظ المنحنى على المحور الراسي الموجب .

$$V_F = 0\ V$$

- يتم تحديد التيار الامامي من خلال جهد الانحياز والمقاومة باستخدام قانون أوم :

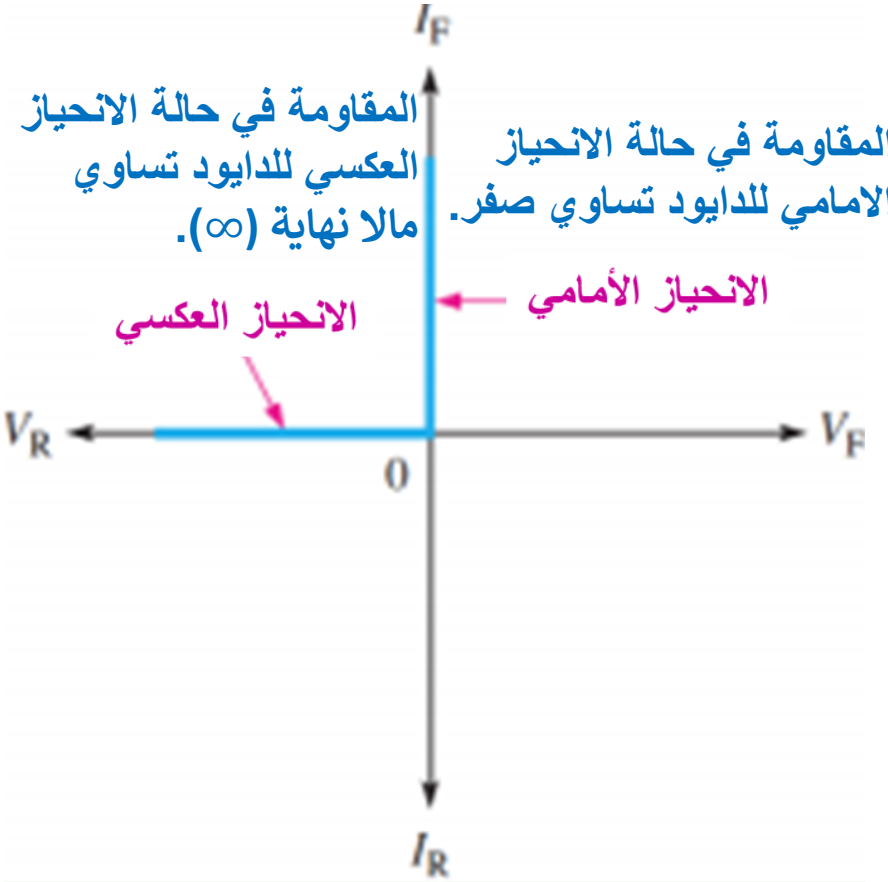
$$I_F = \frac{V_{BIAS}}{R_{LIMIT}}$$

- التيار العكسي يتم اهماله:

$$I_R = 0\ A$$

- الجهد العكسي يساوي جهد الانحياز:

$$V_R = V_{BIAS}$$

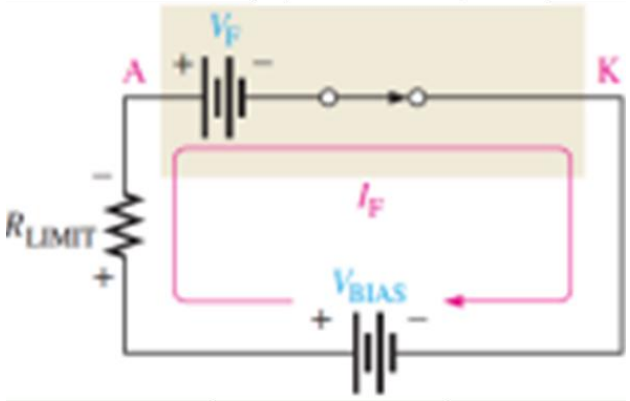


منحنى الخواص (I-V) المثالي

نموذج الدايود العملي (The Practical Diode Model) :

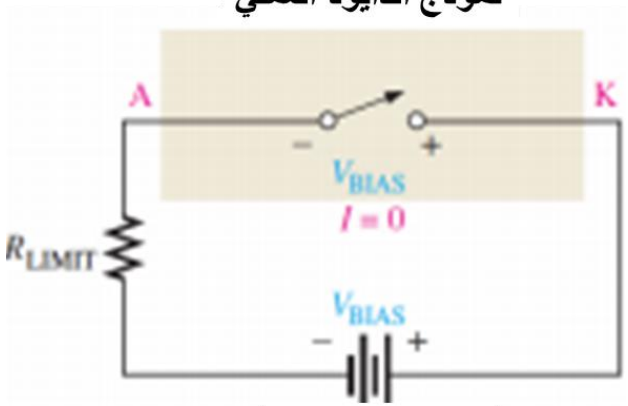
- النموذج الدايود العملي يتضمن الجهد الحاجز.
- عندما يكون الدايود في الانحياز الامامي ، فانه يكون مكافئ لمفتاح مغلق في سلسة مع مصدر جهد صغير مكافئ (V_F) يساوي جهد الحاجز (0.7V) مع الجانب الايجابي باتجاه الأنود.
- ملاحظة : مصدر الجهد المكافئ يمثل الجهد الحاجز الذي يجب ان يتجاوز جهد الانحياز قبل توصيل الدايود وليس مصدرا نشط للطاقة الكهربائية (جهد انحياز).
- لذا عندما نقوم بالتوصيل يجب أن يكون جهد البطارية التي تم استبداله مكان الدايود قيمته تساوي 0.7V في حالة كان الدايود مصنوع من السيلكون ويعتبر هذا الجهد ثابت قبل تطبيق جهد الانحياز .
- عندما يكون الدايود في الانحياز العكسي ، فانه يكافئ مفتاح مفتوح فقط كما هو الحال في الديود المثالي .

نموذج الديود العملي

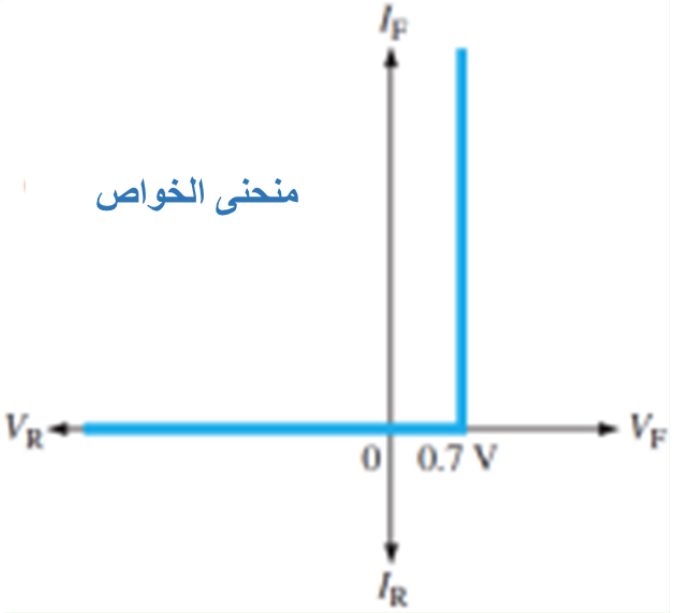


الانحياز الأمامي

نموذج الدايود العملي



الانحياز العكسي

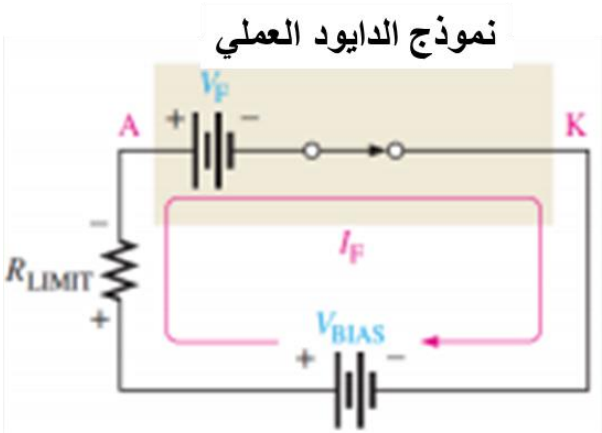


نظرا لوجود جهد حاجز في هذه الحالة يفترض أن يكون للدايود جهد يعبره عندما يكون في الانحياز الامامي ، كما هو موضح في الرسم البياني لمنحنى الخواص .

$$V_F = 0.7\ V$$

يتم تحديد التيار الامامي من خلال تطبيق قانون كيرشوف للجهد.

$$I_F = \frac{V_{BIAS} - V_F}{R_{LIMIT}}$$



الدايود في الانحياز العكسي يفترض التيار العكسي يساوي صفر ، كماهو موضح في الرسم البياني لمنحنى الخواص.

$$I_R = 0\ A$$

الجهد العكسي يساوي جهد الانحياز:

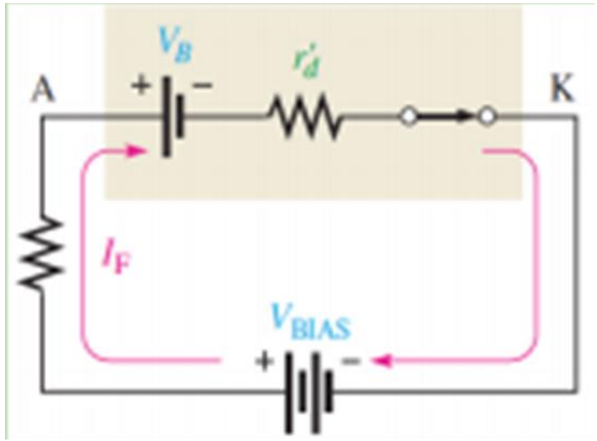
$$V_R = V_{BIAS}$$

نموذج الدايود الكامل (الحقيقي) (The complete Diode Model) :

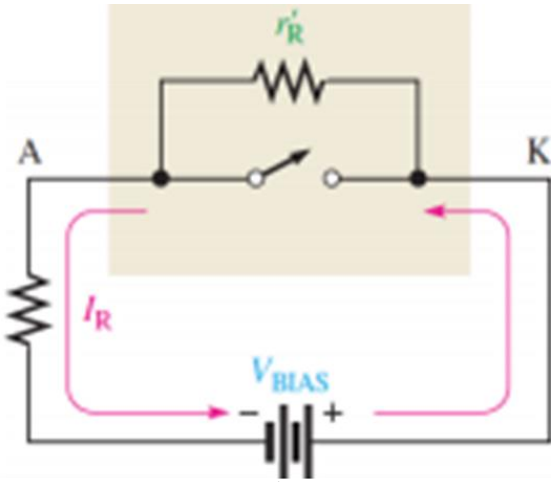
- في النموذج الحقيقي في حالة الانحياز الامامي ، يستبدل مكان الدايود مفتاح مغلق مع جهد الحاجز المكافئ (V_B) ومقامة ديناميكية صغيرة (r'_d).

- عندما يكون الدايود في الانحياز العكسي ، فانه يستبدل الدايود بمفتاح مفتوح بالتوازي مع المقاومة العكسية الكبيرة (r'_R).

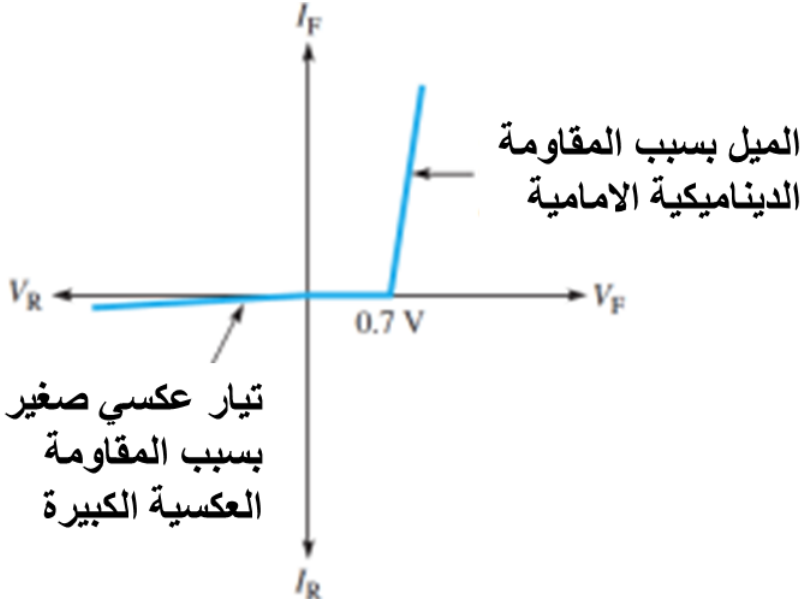
- الجهد الحاجز لا يؤثر في حالة الانحياز العكسي ، لذا هو ليست عاملاً .



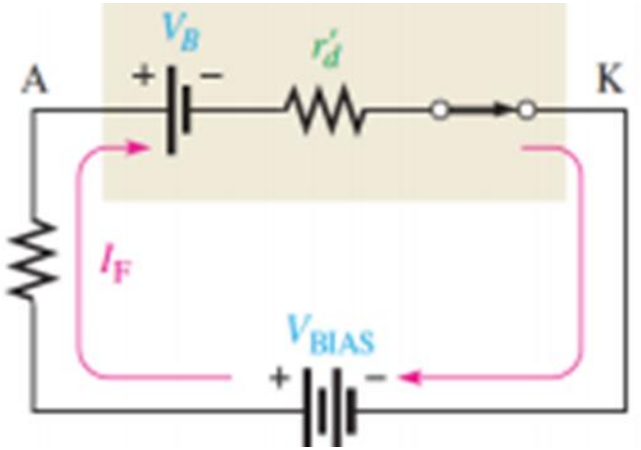
الانحياز الامامي



الانحياز العكسي



يميل المنحنى قليلا لان انخفاض الجهد بسبب المقاومة الديناميكية يزداد مع زيادة التيار .

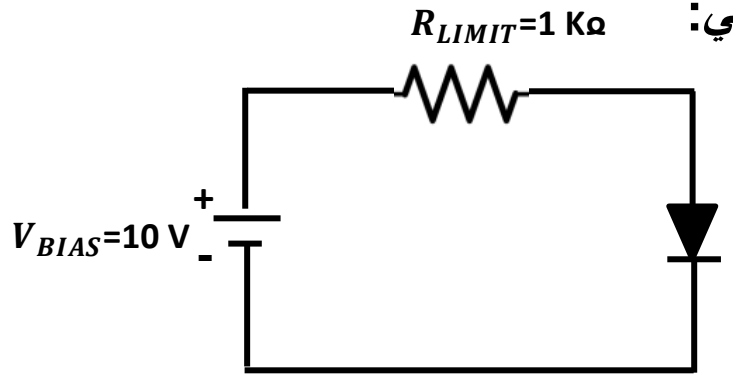


$$I_F = \frac{V_{BIAS} - 0.7V}{R_{LIMIT} + r'_d}$$

$$V_F = 0.7\ V + (I_F)(r'_d)$$

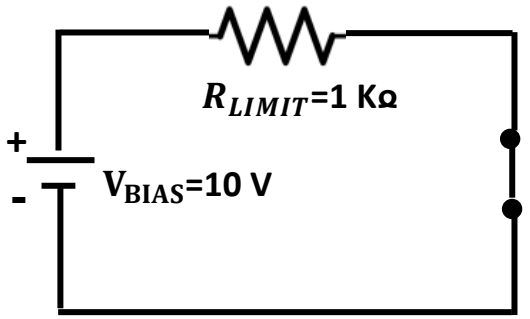
تدريب 1: في الشكل المقابل ، أوجد الجهد الامامي والتيار الامامي للدايود، ثم أوجد $(V_{R_{LIMIT}})$ ، لكل نماذج الدايود ، علما بأن $(r'_d = 10\Omega)$

لتيار الامامي:



الحل

① الدايود المثالي:

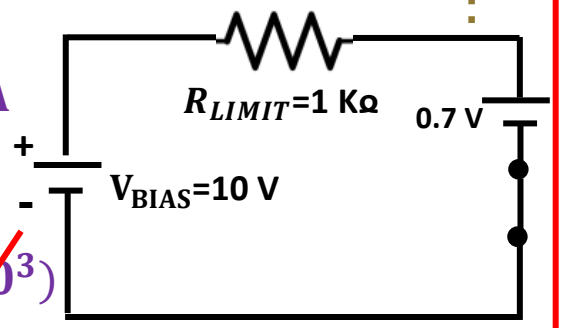


V_F= 0 V

$$I_F = \frac{V_{BIAS}}{R_{LIMIT}} = \frac{10}{1X10^3} = 10X\ 10^{-3}A = 10\ mA$$

$$V_{R_{LIMIT}} = (I_F)(R_{LIMIT}) = (10X\ 10^{-3})(1X\ 10^3) = 10V$$

② الدايود العملي :

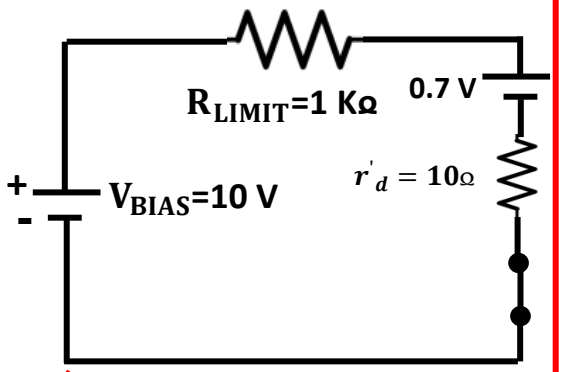


V_F= 0.7 V

$$I_F = \frac{V_{BIAS} - V_F}{R_{LIMIT}} = \frac{10 - 0.7}{1X10^3} = \frac{9.3}{1X10^3} = 10X\ 10^{-3}A = 9.3\ mA$$

$$V_{R_{LIMIT}} = (I_F)(R_{LIMIT}) = (9.3X\ 10^{-3})(1X\ 10^3) = 9.3$$

③ الدايود الحقيقي :

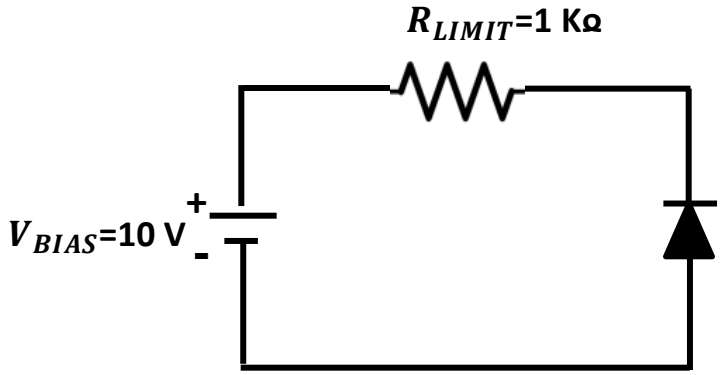


$$I_F = \frac{V_{BIAS} - 0.7V}{R_{LIMIT} + r'_d} = \frac{10 - 0.7}{1X10^3 + 10} = \frac{9.3}{1010} = 9.21X10^{-3}A = 9.21\ mA$$

$$V_F = 0.7\ V + (I_F)(r'_d) = 0.7 + (9.21X10^{-3})(10) = 792\ mV$$

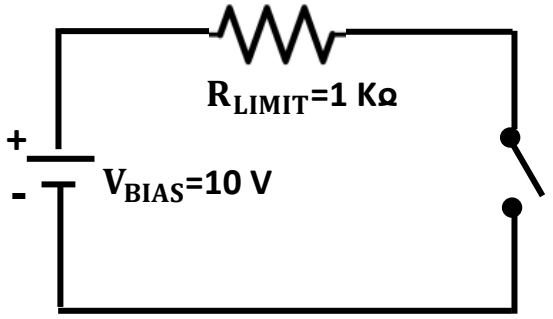
$$V_{R_{LIMIT}} = (I_F)(R_{LIMIT}) = (9.21X\ 10^{-3})(1X\ 10^3) = 9.21V$$

تدريب 2: في الشكل المقابل ، أوجد الجهد العكسي والتيار العكسي للدايود ، ثم أوجد ($V_{R_{LIMIT}}$) ، لكل نماذج الدايود ، علما بان ($I_R=1\mu A$):



الحل

① الدايود المثالي:



$I_R = 0\ A$

$V_R = V_{BIAS} = 10V$

$V_{R_{LIMIT}} = 0\,V$

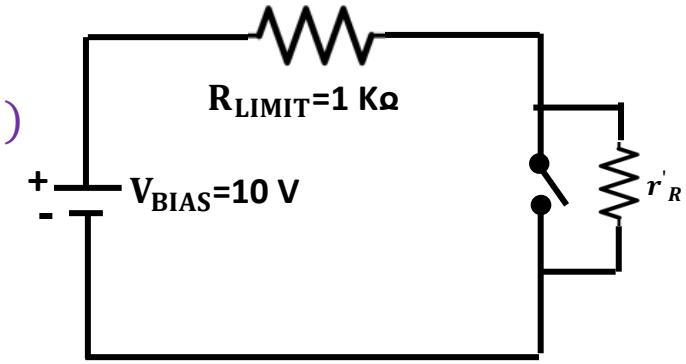
② الدايود العملي :

$I_R = 0\ A$

$V_R = V_{BIAS}$ $10V$

$V_{R_{LIMIT}}$ $0\,V$

③ الدايود الحقيقي :



$I_R = 1\mu\ A$

$V_{R_{LIMIT}}$ $(I_R)(R_{LIMIT}) = (1X\ 10^{-6})(1X\ 10^{3})$

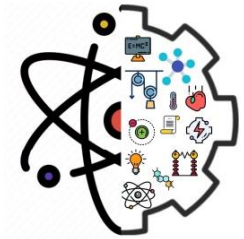
$= 1X10^{-6+3}\ V$

$= 1X10^{-3}\,V$

$= 1\ mV$

$V_{R_{LIMIT}}$ V_{BIAS} $-= V_R = 10 - 1X10^{-3}$

$= 9.999\,V$



شكرا لكم