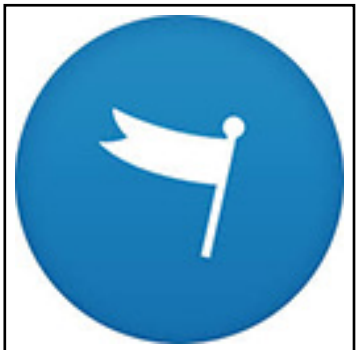
تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج الكويتية

almanahj.com/kw

موقع المناهج الكويتية

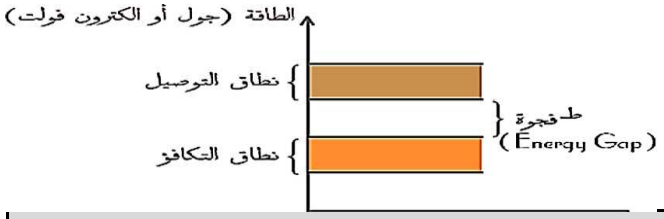
أحمد حسن نبيه

الملف شرح موضوع الوصلة الثنائية
موقع المناهج ⇦ المناهج الكويتية ⇦ الصف الثاني عشر العلمي ⇦ فيزياء ⇦ الفصل الثاني

روابط مواقع التواصل الاجتماعي بحسب الصف الثاني عشر العلمي			
			
روابط مواد الصف الثاني عشر العلمي على تلغرام			
التربية الاسلامية	اللغة العربية	اللغة الانجليزية	الرياضيات

المزيد من الملفات بحسب الصف الثاني عشر العلمي والمادة فيزياء في الفصل الثاني	
1	تقويمية
2	الموضوعات التي تم تعليقها
3	مراجعة غير محلول فيزياء للصف الثاني عشر علمي
4	بنك اسئلة في مادة الفيزياء
5	حل مسائل في الوحدة الثانية في مادة الفيزياء

الوصلة الثنائية



تتحد الذرات مع بعضـــها البعض عن طريق الروابط الكيميائية لتكوين بلورات ويحدث تداخل بين مستويات الطاقة للإلكترونات، حيث تتداخل المستويات لتكون ما يعرف باسم نطاقات الطاقة.

أنواع نطاقات الطاقة		
نطاق التكافؤ	فجوة الطاقة (طاقة الفجوة المحظورة)	نطاق التوصيل
ينشأ نطاق التكافؤ نتيجة حدوث تداخل بين مستويات الطاقة الخارجية مما يشكل مدار جزئي يسمي نطاق التكافؤ	هو مكان يستحيل تواجد الإلكترونات فيه ويقع بين نطاق التكافؤ ونطاق التوصيل ولكي ينتقل الإلكترون من نطاق التكافؤ الي نطاق التوصيل لابد أن يكتسب قدر من الطاقة مساوي لفجوة الطاقة. وبالتالي كلما كان فجوة الطاقة كبيرة كلما أصبح انتقال الإلكترونات من نطاق التكافؤ الي نطاق التوصيل أصعب.	ينشأ نطاق التوصيل نتيجة حدوث تداخل بين مستويات طاقة أعلي من مستوي التكافؤ وهو المسؤول عن التوصيل الكهربي، بمعني اذا ان وجدت الكترونات في نطاق التوصيل تكون المادة موصل للتيار اذا كان نطاق التوصيل خالي من الإلكترونات تكون المادة عازل للتيار

في ضوء نطاقات الطاقة يمكن اعادة تقسيم المواد حسب درجة توصيلها الكهربى الى ثلاث أنواع وهى:

الموصلات	أشباه الموصلات	العوازل
هي الفلزات التي ينتهي توزيعها الإلكتروني ب 1أو2أو3 الكترونات، حيث تميل الي فقد الكترونات للوصول الي حالة الاستقرار. وبالتالي فأنها تحتوي علي الكترونات حرة تجعلها جيدة التوصيل للكهرباء. ويكون نطاق التوصيل متصلا بنطاق التكافؤ، اي أن هناك تداخل بين النطاقين، فتنعدم فجوة الطاقة المحظورة عند رفع درجة حرارة المادة فوق الصفر المطلق فأن الالكترونات الموجودة في نطاق التكافؤ تكتسب طاقة كافية وتنتقل الي نطاق التوصيل وبالتالي تعمل المادة كموصل للتيار الكهربي	هي العناصر التي ينتهي توزيعها الالكتروني ب 4 الكترونات مثل (السيليكون Si، الجرمانيوم Ge) حيث تميل الي الدخول في روابط تساهمية لتكوين بلورات، ويختلف درجة توصيلها الكهربي باختلاف درجة الحرارة - تعمل اشباه الموصلات كعوازل في درجات الحرارة المنخفضة وكموصلات في درجات الحرارة المرتفعة. يكون أتساع فجوة الطاقة فيها متوسط (أكبر من صفر وأقل من 4ev). وهي طاقة معتدلة يستطيع الإلكترون اكتسابها والقفز من نطاق التكافؤ الي نطاق التوصيل عند درجة حرارة الغرفة.	هي اللافلزات، والتي ينتهي توزيعها الإلكتروني ب 5أو6أو7 الكترونات، حيث تميل الي اكتساب الالكترونات للوصول الي حالة الاستقرار، وبالتالي لا تحتوي على الكترونات حرة الحركة وبالتالي لا توصل التيار الكهربي (تكون عازل للتيار الكهربي) - اتساع فجوة الطاقة يكون بين (4eV و12eV) وهي طاقة عالية جدا بالنسبة الي الإلكترون، وبالتالي لا يستطيع الإلكترون القفز من نطاق التكافؤ الي نطاق التوصيل، فيكون نطاق التوصيل خالي من الإلكترونات وتعمل المادة كعازل للتيار الكهربي.

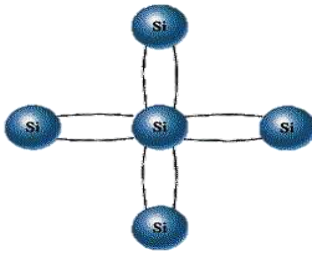
طاقة الفجوة المحظورة: تساوي الفرق بين طاقة نطاق التوصيل وطاقة نطاق التكافؤ.

موقع المناهج الكويتية
almanahj.com/kw

ملاحظات هامة:

*في المواد الموصلة تتحرك الالكترونات بحرية من نطاق التكافؤ إلي نطاق التوصيل كل الكترون يترك مكانه فارغ يسمي ثقب (يعمل كشحنة موجبة)

* عند تسليط جهد كهربائي على طرفي الموصل تنساب الالكترونات الحرة عكس اتجاه المجال وتنساب الثقوب في اتجاه المجال.



اشباه الموصلات النقية

هي عناصر المجموعة الرابعة وهي تميل الي الدخول في روابط تساهمية للوصول الي حالة الاستقرار، وتنتقل الكترونات المادة نفسها الي نطاق التوصيل.

في درجة حرارة الصفر المطلق يكون البناء البلوري مكتمل ولا تحتوي البلورة علي الكترونات حرة الحركة و بالتالي تعمل المادة كعازل للتيار الكهربي .

أذكر: كيف يمكن زيادة التوصيلية الكهربية لشبه الموصل.

عن طريق: **1- رفع درجة الحرارة** **2- التطعيم**

- عند رفع درجة حرارة البلورة الي درجة حرارة الغرفة يحدث كسر في بعض روابط التركيب البلوري، وينتج عن هذا الكترون حر الحركة ويترك هذا الالكترون موقعه في البلورة ليصنع مكانه ثقب ويعمل كلا من الالكترون والثقب علي تحسين التوصيل الكهربي للبلورة، لتعمل البلورة كموصل للتيار الكهربي.

- يسمي كلا من الالكترون الحر والثقوب **حاملات الشحنة.**

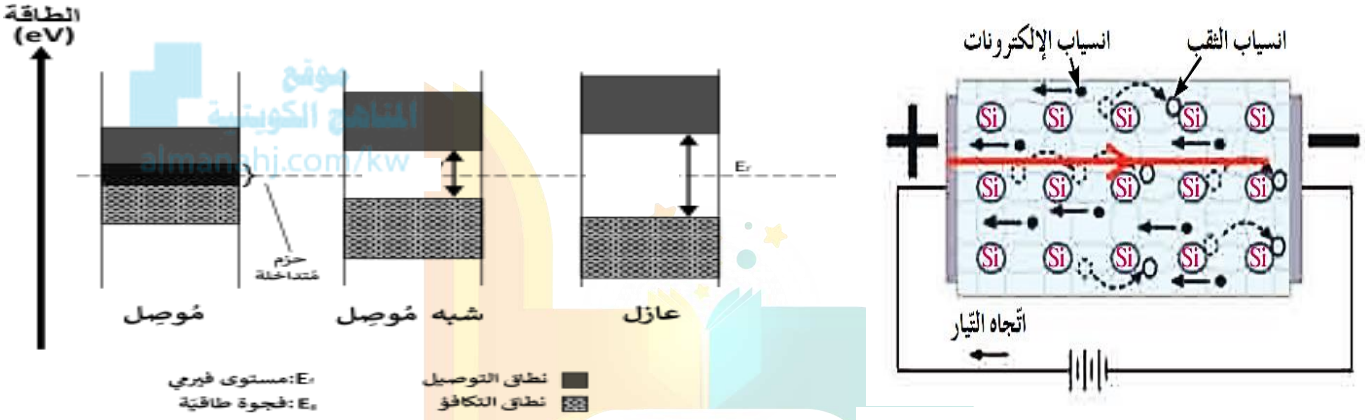
- **علل : رفع درجة حرارة شبه الموصل لا يعتبر طريقه فعاله لزيادة التوصيلية الكهربية له.**

لان عند الاستمرار برفع درجه الحرارة سيؤدي إلى تكسير جميع الروابط وتدمير البلورة.

- عند توصيل البلورة النقية بمصدر للتيار الكهربي عند درجة حرارة الغرفة فأنها تعمل كموصل للتيار الكهربي. حيث تتحرك الإلكترونات في أتجاه معاكس للمجال الكهربي وتتحرك الثقوب في اتجاه المجال الكهربي مما يولد تيار كهربي اصطلاحي.

- **نلاحظ** أن حركة الالكترونات الحرة معاكســـة لحركة الثقوب، وأن اتجاه التيار الكهربي الاصـــطلاحي يتفق مع أتجاه حركة الثقوب في البلورة.
- في البلورة النقية يكون عدد الإلكترونات الحرة (ni) مساوي لعدد الثقوب Pi.
- يكون العدد الكلي لحاملات الشحنة مساوي لمجموع الإلكترونات الحرة والثقوب

العدد الكلي لحاملات في البلورة النقية = ni + Pi

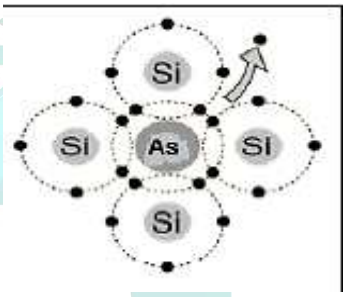
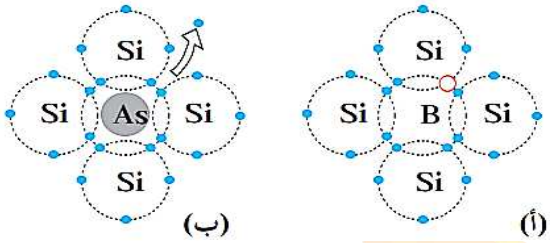


مثال(1) يبلغ عدد الثقوب في قطعة من السليكون($1.2x10^{10}$) ثقبا لكل cm^3 عند درجة الحرارة العادية 300k واتساع فجوة الطاقة (1.1)eV احسب العدد الكلي لحاملات الشحنة كيف تصنف هذه المادة من ناحية التوصيل الكهربي.		
المطلوب	الحل	المعطيات
أ. ما هو العدد الكلي لحاملات الشحنة		
الحل النهائي	**عدد حاملات الشحنة = $2.4x10^{10}$ / cm^3**	

أشباه الموصلات المطعمة

التطعيم: هو أضافة عناصر اخري لها عدد مختلف من الالكترونات في غلافها الخارجي لبلورة شبه الموصل النقي مما يساهم في زيادة مقدرة شبة الموصل على التوصيل الكهربي.

ينتج عن التطعيم نوعان من أشباه الموصلات المطعمة:

النوع السالب Type- N	النوع الموجب Type- P
عند تطعيم بلورة شبه الموصل النقية بعناصر خماسية التكافؤ، وبالتالي فأنها تنشي أربع روابط تساهمية مع ذرات شبه الموصل بينما يبقي إلكترون الخامس حر الحركة ويتمكن بسهولة من القفز الي نطاق التوصيل وتتحسن الخواص الكهربية للبلورة.	عند تطعيم بلورة شبه الموصل النقية بعناصر ثلاثية التكافؤ وبالتالي فأنها تنشي ثلاث روابط تساهمية مع ذرات شبه الموصل بينما يبقي الإلكترون الرابع في ذرة السيليكون ليكون رابطة تساهمية ناقصة مع الذرة الثلاثية، يسمي هذا الإلكترون الناقص ثقبا، ويتم التوصيل الكهربي بواسطة الثقوب وتتحسن الخواص الكهربية للبلورة.
- تسمي ذرة المجموعة الخامسة المضافة بالذرة المانحة لان كل ذرة تضاف تمنح البلورة الكترون حر الحركة. - في البلورة N- Type تكون حاملات الشحنة الأكثرية هي الالكترونات الحرة وحاملات الشحنة الأقلية هي الثقوب.  - **أمثلة البلورة N- Type:** 1. بلورة السليكون Si – زرنيخ As 2. بلورة الجرمانيوم Ge – فوسفور P	-تسمي ذرة المجموعة الثالثة المضافة بالذرة المتقبلة لان كل ذرة تضاف تمنح البلورة ثقبا واحدا. -في البلورة P- Type تكون حاملات الشحنة الأكثرية هي الثقوب و حاملات الشحنة الأقلية هي الإلكترونات الحرة  - **أمثلة البلورة P-Type :** 1.بلورة السليكون Si – بورون B 2.بلورة الجرمانيوم Ge- جاليوم Ga
$N_d + n_i + P_i$ عدد الإلكترونات الحرة (عدد ذرات المانح)	$N_a + n_i + P_i$ عدد الثقوب (عدد ذرات القابل)

علل: أشباه الموصلات المطعمة (النوع السالب او الموجب) تكون متعادلة كهربائيا.

لأنه يتم تطعيم البلورة بذرات متعادلة كهربائيا فيكون عدد الشحنات السالبة (الالكترونات) مساويا لعدد الشحنات الموجبة (البروتونات)

مثال(2): لو طعمنا الجرمانيوم النقي ب $7.2 \times 10^{18}/cm^3$ من ذرات الفسفور علما بأن بلورة الجرمانيوم النقية تحتوي علي $2.4 \times 10^{13}/cm^3$ ثقبا عند درجة الحرارة العادية.

المطلوب	الحل	المعطيات
أ. أحسب العدد الكلي لحاملات الشحنة		

مثال(3): الهامش يحتوي شبه موصل مطعم علي 100 مليون ذرة سيليكون , و 15مليون ذرة من مادة تحتوي علي 5 الكترونات في غلافها الخارجي .

المطلوب	الحل	المعطيات
أ. ما هو عدد الالكترونات الحرة الموجودة في المادة		

مثال (4) : ما هو عدد حاملات الشحنة في شبه موصل نقي يحتوي علي $1.4 \times 10^{14}/cm^3$ ثقبا اذا ما طعم ب $6.2 \times 10^{20}/cm^3$ ذرة من مادة تحتوي علي 5 الكترونات في غلافها الخارجي , و حدد نوع شبه الموصل.

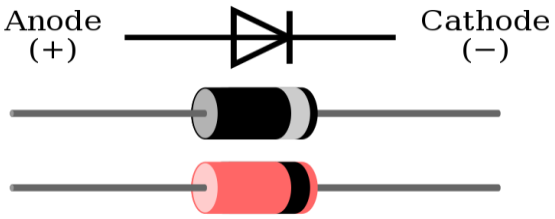
المطلوب	الحل	المعطيات
أ. عدد حاملات الشحنة في شبه موصل		

مثال(5) : طعمت بلورة نقية تحتوي علي $1.4 \times 10^{14}/cm^3$ ثقبا، ب $8 \times 10^{20}/cm^3$ ذرة تحتوي علي ثلاث الكترونات

المطلوب	الحل	المعطيات
أ. ما هو عدد حاملات الشحنة		
ب. وما نوع شبه الموصل.		

الوصلة الثنائية Diode

تتكون الوصلة الثنائية من شبه موصل من النوع السالب ملتحم بشبه موصل من النوع الموجب، ويطلي السطحان الخارجيان بمادة موصلة من أجل وصلها بأسلاك كهربائية.



كيف تعمل الوصلة

وجود الكترونات حرة في شبة الموصل السالب

وجود ثقوب في شبة الموصل الموجب

عند التحام البلورتان ينشأ تيار من الالكترونات باتجاه شبة الموصل الموجب وتيار من الثقوب باتجاه شبه الموصل السالب

وتتكون

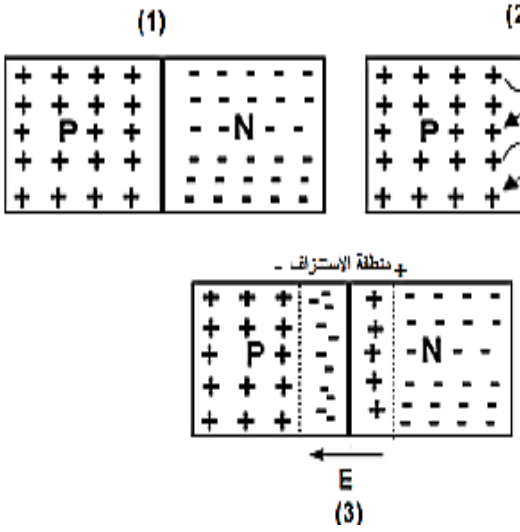
منطقة الاستنزاف

منطقة الاستنزاف

منطقة خالية من حاملات الشحنة على جانبي منطقة الالتحام تتشكل عندما تتحد الالكترونات بالثقوب

ملاحظات هامه:

1. عندما تنتقل الالكترونات من البلورة N إلى البلورة P تصبح البلورة N موجبة الشحنة، وتصبح البلورة P سالبة الشحنة.
2. ينشأ على جانبي منطقة الاستنزاف فرق جهد Vi وينشأ داخل المنطقة مجال كهربي Ei من البلورة N(موجبة الشحنة) إلى البلورة P (سالبة الشحنة) وعند الوصول الي التوازن الكهربائي فأن المجال الكهربي يمنع حاملات الشحنة من الاستمرار في الانتقال بين البلورتين.
3. بزيادة حجم منطقة الاستنزاف تزداد مقاومة الدايود ويمكن حساب فرق الجهد بين طرفي الدايود باستخدام العلاقة التالية:



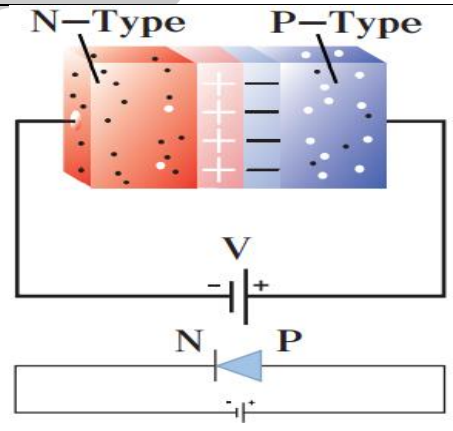
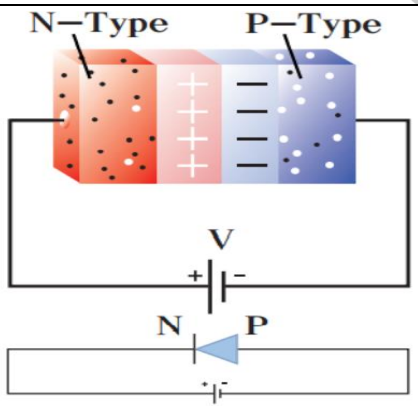
$$V_i = E_i\, d$$

فرق الجهد

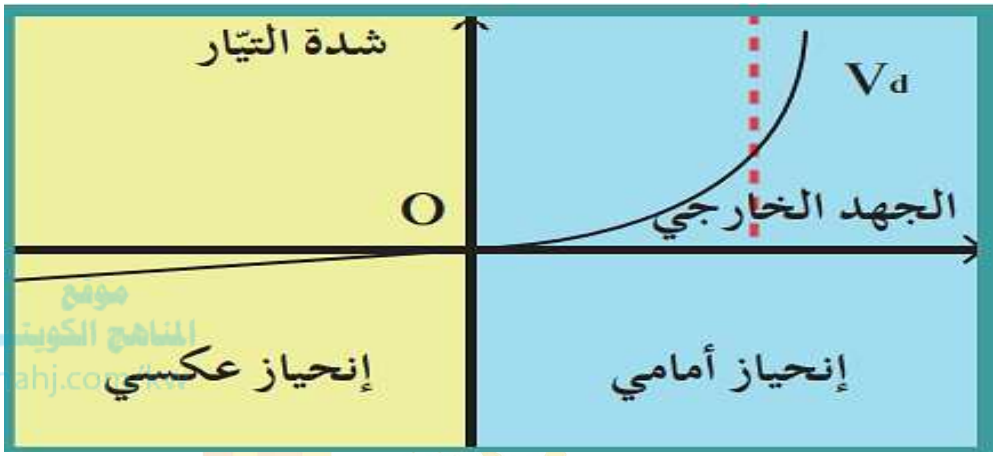
اتساع منطقة الاستنزاف

شدة المجال الكهربي داخل الدايود

إذا كان أتساع منطقة الاستنزاف داخل وصلة ثنائية 0.4 mm ومقدار الجهد الداخلي المتشكل 0.6 V أحسب مقدار شدة المجال الكهربائي		
أحسب كل من	الحل	المعطيات
مقدار شدة المجال الكهربائي		
الحل النهائي	$E_i = 1500$ V/m	

طرق توصيل الدايود في الدائرة الكهربية		
الانحياز	**1. الأمامي**	**2. العكسي**
التعريف	توصيل البلورة P بالقطب الموجب للبطارية والبلورة N بالقطب السالب للبطارية	عند توصيل البلورة P بالقطب السالب للبطارية والبلورة N بالقطب الموجب للبطارية
الاسباب	يكون اتجاه المجال الكهربي الخارجي E_{ex} (للبطارية) معاكس للمجال الكهربي الداخلي للدايود E_{in} في منطقة الاستنزاف	يكون اتجاه المجال الكهربي الخارجي E_{ex} (للبطارية) نفس اتجاه المجال الكهربي الداخلي للدايود E_{in} في منطقة الاستنزاف
يؤدي الى	التقليل من سُمك منطقة الاستنزاف ويقلل مقاومتها فيؤدي ذلك الي مرور تيار كهربي في الدائرة. وبالتالي يعمل الدايود كموصل للتيار الكهربي.	الزيادة من سُمك منطقة الاستنزاف ويزيد مقاومتها ويؤدي الي عدم مرور تيار كهربي في الدائرة باستثناء تيار ضعيف جدا يسمي **تيار الانحياز العكسي**. وبالتالي يعمل الدايود كعازل للتيار الكهربي.
ملاحظة	تعتبر الواصلة الثنائية مفتاح كهربائي مغلق	تعتبر الواصلة الثنائية مفتاح كهربائي مفتوح
	- نلاحظ أن حركة الثقوب في البلورة الموّجبة P يكون معاكس لحركة الالكترونات في البلورة السالبة N. - يكون اتجاه التيار الكهربي الاصطلاحي هو اتجاه حركة الثقوب ومعاكس لاتجاه حركة الالكترونات.	
الشكل		

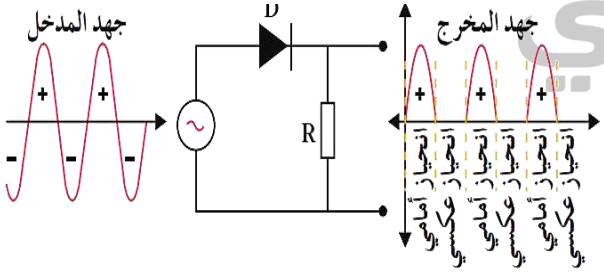
العلاقة بين شدة التيار و الجهد الكهربي في دائرة الدايود:



الانحياز	الانحياز الامامي	الانحياز العكسي
السبب	يكون اتجاه المجال الكهربي الخارجي E_{ex} (للبطارية) معاكس للمجال الكهربي الداخلي للدايود E_{in} في منطقة الاستنزاف مما يقلل من سُمك المنطقة ويقلل مقاومتها فيؤدي الي مرور تيار كهربي في الدائرة. ف يعمل الدايود كموصل للتيار الكهربي.	يكون اتجاه المجال الكهربي الخارجي E_{ex} (للبطارية) نفس اتجاه المجال الكهربي الداخلي للدايود E_{in} في منطقة الاستنزاف مما يزيد من سُمك المنطقة ويزيد مقاومتها ويؤدي الي عدم مرور تيار كهربي في الدائرة باستثناء تيار ضعيف جدا يسمي **تيار الانحياز العكسي**. ف يعمل الدايود كعازل للتيار الكهربي.

تطبيقات الوصلة الثنائية (الدايود):

1- **تقويم التيار المتردد**



أ- يغير التيار المتردد اتجاهه كل نصف دورة

ب- عند توصيل الدايود في دائرة تيار كهربي متردد، نلاحظ ان في نصف الدورة الأول للتيار يكون الدايود في وضع **الانحياز الامامي** فيعمل كموصل للتيار الكهربي ويمر التيار

ت- في نصف الدورة الثاني من التيار الكهربي المتردد يعكس التيار اتجاهه وبالتالي يكون الدايود في وضع الانحياز العكسي، وبالتالي يعمل الدايود كعازل للتيار الكهربي ولا يمر التيار.

ث- وبالتالي نحصل على نصف الموجة الموجبة فقط من التيار المتردد لان الواصلة الثنائية تسمح بسريان التيار باتجاه واحد فقط.

أسئلة اختبارات

السؤال الأول: اكتب المصطلح العلمي الذي تدل عليه كل من العبارات التالية:	الإجابة	
1. الفرق بين طاقة نطاق التوصيل وطاقة نطاق التكافؤ.		ص69

السؤال الثاني: أكمل العبارات العلمية التالية بما يناسبها :	الإجابة	
1. لكي يقفز الالكترون من نطاق التكافؤ إلى نطاق التوصيل يجب أن يكتسب طاقة تساوي الفرق بين طاقة نطاق التوصيل وطاقة نطاق التكافؤ تعرف باسم.....		ص69
2. في المواد الموصلة للكهرباء تكون فجوة الطاقة المحظورة		ص70
3. تحتوي بلورة الجرمانيوم النقي على $(1\times10^{12})/cm^3$ الكترون حر عند درجة الحرارة العادية فإذا طعمت ب $(6\times10^{14})/cm^3$ بذرات مادة البورون فإن عدد حاملات شحنات الأكثرية لكل (cm^3) تساوي		ص73
4. عند توصيل الوصلة الثنائية في دائرة كهربائية بحيث يكون اتجاه المجال الكهربائي الخارجي (E_{ex}) معاكس للمجال الكهربائي الداخلي (E_{in}) تكون الوصلة الثنائية في حالة الانحياز		ص75

السؤال الثالث: ضع علامة (✓) امام العبارة الصحيحة او علامة (×) امام العبارة الخاطئة:		الإجابة
1. يؤدي الثقب في نطاق التكافؤ دور شحنة كهربائية موجبة (معاكسة لشحنة الالكترون).		ص69
2. اتساع فجوة الطاقة المحظورة في المواد الموصلة منعدمة.		ص70
3. عند إضافة مادة الزرنيخ (مادة مانحة) إلى شبه موصل نقي كالسيليكون يصبح شبه الموصل من النوع الموجب.		ص72
4. عند التحام بلورة شبه موصل من النوع السالب وبلورة شبه موصل من النوع الموجب لتكوين وصلة ثنائية تكتسب البلورة الموجبة شحنة سالبة والبلورة السالبة شحنة موجبة.		ص74

السؤال الرابع: ضع علامة (✓) في المربع الواقع أمام أنسب إجابة لكل من العبارات التالية :

1- قطعة من السليكون تحتوي على $(1.2\times10^{10}/cm^3)$ ثقباً عند درجة الحرارة العادية، فإن العدد الكلي لحاملات الشحنة الكهربائية في (cm^3) التي تساهم في تكوين التيار الكهربائي يساوي: ص71

2.4×10^{-10}	1.2×10^{-10}	1.2×10^{10}	2.4×10^{10}
□	□	□	□

2- عند إضافة ذرات من الزرنيخ إلى بلورة من السيليكون النقية فإننا نحصل على: ص72

- □ شبه موصل من النوع الموجب
- □ شبه موصل من النوع السالب
- □ وصلة ثنائية
- □ بلورة عازلة تماماً للتيار الكهربائي

3- عند تطعيم المادة شبه الموصلة كالسليكون عن طريق إضافة ذرات من المجموعة الخامسة من الجدول الدوري إلى البلورة يسمى شبه الموصل الذي نحصل عليه في هذه الحالة شبه موصل من النوع: ص72

- □ السالب وتكون الثقوب حاملات الشحنة الأكثرية
- □ السالب وتكون الإلكترونات حاملات الشحنة الأكثرية
- □ الموجب وتكون الإلكترونات حاملات الشحنة الأقلية.
- □ الموجب وتكون الثقوب حاملات الشحنة الأقلية

موقع المناهج الكويتية almanahj.com/kw

4- عند إضافة ذرات البورون إلى بلورة سيليكون نقية فإننا نحصل على بلورة :	ص72
☐ شبه موصل من النوع الموجب	
☐ شبه موصل من النوع السالب	
☐ وصلة ثنائية	
☐ بلورة عازلة تماماً للتيار الكهربائي	
5- عند تطعيم المادة شبه الموصلة كالسليكون Si عن طريق إضافة ذرات من المجموعة الثالثة من الجدول الدوري كذرات البورون B، يسمى شبه الموصل الذي نحصل عليه في هذه الحالة شبه موصل من النوع:	ص72
☐ السالب وتكون الثقوب حاملات الشحنة الأقلية	
☐ السالب وتكون الإلكترونات حاملات الشحنة الأقلية	
☐ الموجب وتكون الإلكترونات حاملات الشحنة الأكثرية	
☐ الموجب وتكون الثقوب حاملات الشحنة الأكثرية	
6- حاملات الشحنة الأكثرية في أشباه الموصلات من النوع السالب هي:	ص72

الثقوب	الإلكترونات	البروتونات	الأيونات الموجبة
☐	☐	☐	☐

7- إذا طعمت بلورة شبه موصل نقية تحتوي على $(4\times10^{10}/cm^3)$ الكترون ب $(6\times10^{13}/cm^3)$ ذرة من عناصر تحتوي على ثلاثة إلكترونات في غلافها الخارجي فيصبح عدد الالكترونات الموجود في بلورة شبه الموصل بوحدة $/cm^3$ تساوي :			ص73
1.5×10^3	6.004×10^{13}	4×10^{10}	1.2×10^{14}
☐	☐	☐	☐

8- عند التحام بلورة شبه موصل من النوع الموجب (P) مع بلورة شبه موصل من النوع السالب (N) لتكوين وصلة ثنائية تكتسب كل منهما شحنة:		ص74
البلورة N	البلورة P	
☐ موجبة	موجبة	
☐ سالبة	موجبة	
☐ موجبة	سالبة	
☐ سالبة	سالبة	

9- إذا كان اتساع منطقة الاستنزاف $(2\times10^{-4})m$ ومقدار فرق الجهد الناشئ على جانبي منطقة الاستنزاف يساوي (0.8)V فإن مقدار شدة المجال الكهربائي عندما تصل الوصلة إلى حالة التوازن الكهربائي بوحدة (v/m) يساوي:			ص74
1.6×10^{-4}	160	400	4000
☐	☐	☐	☐

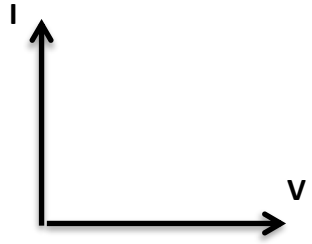
السؤال الخامس (أ): أذكر العوامل التي يتوقف عليها كل مما يلي:	الإجابة	
عدد الثقوب في شبه الموصل من النوع الموجب:	* *	ص72

السؤال الخامس (ب): علل لما يأتي تعليلاً علمياً صحيحاً :	الإجابة	
1. تعتبر الوصلة الثنائية عازلاً للكهرباء عند تسليط جهد كهربائي عكسي عليها. - تعتبر الوصلة الثنائية في حالة توصيلها بطريقة الانحياز العكسي مفتاحاً كهربائياً مفتوحاً		ص75
2. تستخدم الوصلة الثنائية في تحويل التيار المتردد إلى تيار مقوم نصف موجب		ص76

السؤال السادس: (أ) قارن بين كل مما يلي		
وجه المقارنة ص72	شبه الموصل من النوع السالب	شبه الموصل من النوع الموجب
حاملات الشحنة الأكثرية		
حاملات الشحنة الأقلية		

السؤال السادس (ب): فسر ما يلي تفسيراً علمياً دقيقاً:	الإجابة	
1. تزداد درجة توصيل بلورة شبه الموصل عند رفع درجة حرارتها عن درجة الحرارة العادية		ص71
2. تزداد درجة التوصيل الكهربائي لبلورة شبه الموصل النقي عند تطعيمه بذرات الزرنيخ		ص72

السؤال السادس (ج): ما المقصود بـ:	الإجابة	
1. أشباه الموصلات ؟		ص72
2. منطقة الاستنزاف في الوصلة الثنائية؟		ص74

السؤال السابع (أ): حدد على الرسم ما يلي:			
			
شده التيار المار في الوصلة الثنائية في حالة التوصيل الأمامي وفرق الجهد		ص75	ص75

السؤال السابع (ب): ماذا يحدث فى كل من الحالات التالية:	الإجابة	
1. عندما يكتسب الالكترون في نطاق التكافؤ طاقة تساوي طاقة الفجوة المحظورة		ص69
2. عند ارتفاع درجة حرارة شبه الموصل عن درجة الحرارة العادية		ص71
3. عند إضافة ذرات عنصر من عناصر المجموعة الخامسة إلى بلورة من السليكون النقي		ص72

السؤال السابع (ج): ما وظيفة:	الإجابة	
الوصلة الثنائية في دوائر التيار الكهربائي المتردد		ص76

موقع المناهج الكويتية almanahj.com/kw
طلابي