فيزياء (1) م ٢٠١٦
د. إياد بدور
سنة أولى

(ع1)

قوانين الغازات

- الغازات الحقيقية والمثالية:

تصنف الغازات في الحالة العادية من حيث السلوك والخواص الى غازات حقيقية وغازات مثالية (كاملة).
تعرف الغازات الكاملة بأنها الغازات التي تكون قوى التأثير المتبادل بين ذراتها أو جزيئاتها معدومة (تقريباً)، كما يكون حجم الجزيئات مهمل امام حجم الغاز الكلي، اما اذا كان غير ذلك فنقول أنه الغاز حقيقي.
نجد انه يسلك الغاز الحقيقي سلوك الغاز الكامل (المثالي) عندما يكون ضغط الغاز صغيراً، اي يكون الغاز مثالي عندما يكون ضغط الغاز الحقيقي صغيراً.

قوانين الغازات

أولاً: قانون بويل - ماريوط: ينص هذا القانون:
أنه عند ثبات درجة حرارة الغاز يتناسب الحجم الذي يشغله الغاز المثالي عكساً مع ضغطه اي:

$$T = const$$
$$V \propto \frac{1}{P}$$
$$V = const \frac{1}{P}$$
$$PV = const$$

اي:

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

ثانياً: قانون غي-لوساك:

حجم كتلة معينة من الغاز يتناسب طرداً مع درجة حرارته عند بقاء ضغطه ثابتاً. أ ويمكن التعبير عنه بالشكل:

حجم الغاز يزداد خطياً مع درجة الحرارة مع بقاء ضغطه ثابتاً: أي

$$V = V_0(1+\alpha_p t)$$

حيث V_0 - حجم الغاز في درجة الصفر مئوية

V - حجم الغاز في الدرجة t مئوية:

t - درجة حرارة الغاز.

α - ثابت التناسب ويدعى معامل التمدد الحجمي بثبات الضغط

وقد وجد تجريبياً ان الثابت α هو:

$$\alpha = \frac{1}{273}\, C^{-1}$$

ويصبح القانون يكتب بالشكل:

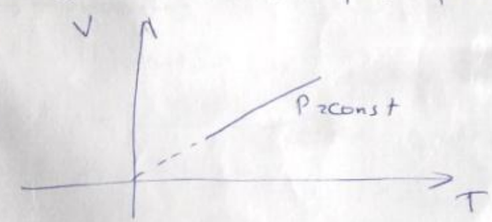
$$V = V_0\left(1+\frac{t}{273}\right)$$

$$V = V_0\left(\frac{273+t}{273}\right)$$

$$V = V_0\,\frac{T}{T_0}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0}$$

وهو التعبير الرياضي عن قانون غي-لوساك



ثالثاً: قانون شارل:

ضغط كتلة معينة من الغاز يتناسب طرداً مع درجة حرارته وفق علاقة خطية اذا بقي حجمه ثابتاً

$$P = P_0(1+\alpha_v t)$$

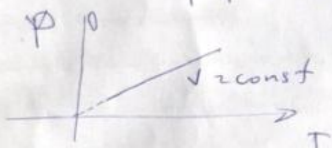
$$\alpha_v = \frac{1}{273}\, C^{-1}$$

$$P = P_0\left(1+\frac{t}{273}\right)$$

$$P = P_0\left(\frac{273+t}{273}\right)$$

$$P = P_0\,\frac{T}{T_0}$$

$$P T = P_0 T_0$$



* معادلة الحالة للغاز الكامل:

لتكن عينة من غاز مثالي كتلتها m غرام وعدد مولاتها n

اي يكون

$$n = \frac{m}{M}$$

حيث M - كتلة المول الواحد من الغاز.

وكما هو معروف فإن المول الواحد من اي غاز يشغل في الشروط النظامية (الضغط الجوي النظامي - درجة حرارة الصفر مئوي) حجماً مقداره 22.4 ليتراً، ويحوي كل مول يحوي على عدد أفوكادرو من الذرات

$$N_A = 6.02\times10^{23}\ \frac{\text{ذرة}}{\text{مول}}$$

اذا كانت هذه العينة من الغاز موجودة في الشروط النظامية وكان حجمها V_0 وضغطها P_0 ودرجة حرارتها صفر مئوي لنقم بإجراء تحويلين عليها:

أولاً: تسخين مع المحافظة على الضغط ثابتاً حتى الدرجة t فيصبح حجم العينة

$$V = V_0(1+\alpha_p t')$$

ثانياً: ضغط العينة مع بقاء درجة الحرارة ثابتة وبالتالي

$$PV = PV'$$

$$PV = P_0V_0(1+\alpha_p t)$$

$$= P_0V_0\alpha_p\left(\frac{1}{\alpha_p}+t\right)$$

$$PV = P_0V_0\alpha_p T$$

ان المقادير P_0 و V_0 و α_p هي مقادير ثابتة لكل مول واحد من جميع الغازات

$$PV = RT$$

حيث R - ثابت الغازات العام

$$R = P_0V_0\alpha_p$$

$$R = \frac{(10^5 Pa)(22.4\times10^{3} m^3)}{273}$$

$$R = 8.21 \ J/mol.K^\circ$$

حيث $\alpha_p = \frac{1}{273}$

وهنا يجب الاشارة أن المعنى الفيزيائي للثابتة R هو العمل الذي يقوم به غاز ما عندما تتغير درجة حرارته درجة مئوية واحدة.

ان المعادلة $PV = RT$ تدعى بالمعادلة الحالية لحالة الغازات المثالية (الكاملة) وكان أول استخدمها هو العالم كلابيرون ومن أجل غاز مؤلف من عدد من المولات تكتب المعادلة بالشكل

$$P.V = nRT$$

باشتقاق العلاقة

$$PV = RT$$

$$P.dV + V\,dP = R\,dT$$

اذا كان P ثابت

$$P.dV = R\,dT$$

$$① \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = \frac{R}{P}$$

واذا كان V ثابت

$$V\,dP = R\,dT$$

$$② \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \frac{R}{V}$$

واذا كان T ثابت

$$P.dV + V\,dP = 0$$

$$P\,dV = -V\,dP$$

$$③ \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T = -\frac{P}{V}$$

$$P = \frac{RT}{V}$$

$$③ \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T = -\frac{RT}{V^2}$$

والجداء

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V * \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \times \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T = -1$$

معادلة الغاز الكامل بالشكل التفاضلي

قانون دالتون :

اذا كان لدينا مزيج من الغازات الكاملة موجودة في حجم مقداره V وكان الضغط الجزئي في الوعاء هو P ودرجة حرارة المزيج الغازي في الوعاء T وعدد مولات الغاز الاول n_1 والثاني n_2 ، هكذا نستطيع القول انه :

$$n = n_1 + n_2 \cdots = \sum n_i$$

$$PV = (n_1 + n_2 \cdots) RT$$

$$P = (n_1 + n_2 \cdots) \frac{RT}{P}$$

$$P = n_1 \frac{RT}{V} + n_2 \frac{RT}{V} \cdots$$

$$P = P_1 + P_2 + \cdots$$

$$\boxed{P = \sum P_i}$$

وهو قانون دالتون قانون الضغوط الجزئية

ضغط مزيج الغاز الموجود في وعاء هو مجموع الضغوط الجزئية لجميع الغازات المكونة لهذا المزيج.

مسألة : تحتوي اسطوانة على 12 لتر من الاوكسجين في الدرجة $20°C$ والضغط $15 atm$. ترتفع درجة حرارة الغاز الى $35°C$ وينخفض الحجم الى 8.5 لتر. احسب الضغط النهائي للغاز النهائي.

الحل :

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

$\cancel{15 \times (20+273)}$

$$\frac{15 \times 12}{(20+273)} = \frac{P_2 (8.5)}{(35+273)}$$

$$\frac{15 \times 12}{293} = \frac{P_2 \times 8.5}{308}$$

$$P_2 = 22 \ atm$$

مسألة 2 : يضغط 2 مول غاز الهليوم من الضغط 0.4 ضغط جوي والدرجة $300 K$ حتى الضغط 1,2 ضغط جوي وبثبوت مساوي الدرجة المطلوب :

حساب كل من الحجم الابتدائي والنهائي لهذا الغاز بفرض انه غاز مثالي.

الحل :

$$P_1 V_1 = n R T_1$$

$$0,4 \ V_1 = 2 \times 8,31 \times 300$$

$$V_1 = 0,123 \ m^3$$

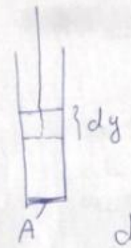
$$P_2 V_2 = n R T_2$$

$$1,2 \ V_2 = 2 \times 8,31 \times 300$$

$$V_2 = 0,041 \ m^3$$

القانون الاول في الترموديناميك

① العمل: لتكن لدينا اسطوانة محكمة مزودة بمكبس قابل للحركة. توضع في داخل الاسطوانة



اذا كان حجم الغاز داخل الاسطوانة V

وضغط الغاز هو P

ومساحة سطح المكبس الاسطوانة A

عند تطبيق ضغط على سطح المكبس يؤدي الى ازاحته مسافة dy

نفرض القوة التي تضغط المكبس بالشكل

$$F = P.A$$

وبما ان الانتقال صغير dy فان الجملة تنجز عملا لامتناهيا في الصغر بالشكل

$$dW = F.dy = P.A.dy$$

لكن $A.dy = dV$

لان السطح × الارتفاع = الحجم

$$dW = P.dV$$

- اذا تمددت الغاز داخل الاسطوانة فيكون عمل الغاز موجباً
- اذا حدث تقلص الغاز يكون العمل سالباً.

وبالتالي لحساب العمل بدقة يجب ان نحسب قيمة التكامل

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P\,dV$$

اي انه لحساب قيمة هذا التكامل يجب معرفة علاقة الضغط بالحجم

اي $P = f(V)$

من هنا نستنتج ان عمل الجملة متعلق بالمسار الذي تسلكه هذه الجملة.

- اذا كان التمدد أو الانضغاط للغاز في درجة اي كيف تحت درجة حرارة ثابتة. وان الغاز الموجود في الاسطوانة هو غاز مثالي (كامل)

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P\,dV$$

ولدينا

$$PV = nRT$$

$$P = \frac{nRT}{V}$$

نعوض في التكامل:

$$W = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V}\,dV$$

$$= nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V}$$

$$\boxed{W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1}}$$

1* اذا كان $V_2 > V_1$ فالعمل موجب اي ان الغاز يتمدد من حجمه الاصلي والمكبس يعطي عملا موجبا

2- اذا كان $V_2 < V_1$ فالعمل سالب اي ان المكبس يتقلص من حجمه الاصلي والمكبس يكتسب عملا

القانون الاول في الترموديناميك:

ان الطاقة الحرارية المقدمة للجملة تصرف في تغير الطاقة الداخلية للجملة وفي انجاز عمل للوسط اي

$$Q = \Delta U + W$$

$$Q = \Delta U + P\,dV$$

١- اذا كانت الجملة معزولة تماماً ولا يحدث اي انتقال للحرارة بين الجملة والوسط المحيط بها يكون $Q = 0$

وبالتالي $\Delta U = -W$

هذا يعني ان العمل الذي تنجزه الجملة يكون من حساب طاقتها الداخلية

٢- عند بقاء الحجم للجملة ثابتاً فان الجملة لا تنجز اي عمل لذلك

$$W = 0$$

وبالتالي $Q = \Delta U$

اي عند اضافة كمية من الحرارة لهذه الجملة تزداد طاقتها الداخلية

٣- اذا كانت العملية مغلقة: اي تمتص الجملة حرارة في البداية ثم تعود وتعطي هذه الحرارة الى الوسط الخارجي فيكون

$$\Delta U = 0$$

$$Q = W$$

اي ان العمل المقدم من قبل الجملة يساوي كمية الحرارة الممتصة من الوسط الخارجي

٤- عملية التمدد الحر: هي عملية معزولة حرارياً تتم دون اي عمل بواسطة الجملة

$$W = Q = 0$$

$$\Delta U = 0$$

السعة الحرارية: لتكن Q كمية الحرارة المقدمة للجملة فتسبب رفع درجة الحرارة تغيراً فيها وهو رفع حرارة الجملة من الدرجة T_1 الى الدرجة T_2

السعة الحرارية الوسطية $= \frac{Q}{T_2 - T_1}$

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

ان كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1gr من الماء درجة مئوية واحدة هي 4.18 J

بينما كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1gr من النحاس 387 J

هناك نوعين من السعة الحرارية

السعة الحرارية تحت ضغط ثابت $C_p = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_p$

السعة الحرارية تحت حجم ثابت $C_v = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_v$

والعلاقة بينهما هي:

$$C_p - C_v = R$$

والنسبة بينهما $\frac{C_p}{C_v} = \gamma$

حذيفة حسين

الضوء الهندسي

الفصل الأول: طبيعة الضوء:

يعتبر الضوء ذو طبيعة ثنائية (جسيمية - موجية) فالضوء يظهر خواص الموجة في بعض الحالات وخواص الجسيم في حالات أخرى.
ويمكن القول أن النموذج الموجي يصف بشكل أفضل انتشار الضوء بينما النموذج الجسيمي يصف بشكل أفضل اصدار وامتصاص الضوء.

الأمواج:

① وسطاء الموجة الضوئية:

إذا نظرنا للضوء وكأنه موجة كهرومغناطيسية فهناك عدة وسطاء تتمايز بها هذه الموجة هي: الدور T والتواتر ν وطول الموجة λ وسرعة الانتشار v ويرتبط الوسطاء فيما بينهم بالعلاقة:

$$\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$$

أي: الدور $T = \frac{1}{\nu}$

وفي حال تحركت الموجة الضوئية في الخلاء فإن سرعتها:
$v = c$ سرعة الضوء في الخلاء

$$\lambda = cT = \frac{c}{\nu}$$

$$c = \lambda \cdot \nu$$

حذيفة حسين

تنحصر الأمواج الضوئية في المجال $0{,}4\,\mu m$ إلى $0{,}7\,\mu m$ وهو المجال من الأطوال الموجية التي يمكن للعين تمييزها حيث تكون الأمواج التي طولها أكبر من $0{,}7\,\mu m$ تدعى بالأمواج ما تحت الحمراء، والأمواج الأصغر من $0{,}4\,\mu m$ هي الأمواج فوق البنفسجية.

صدر الموجة:

ينتشر الضوء على شكل أمواج كروية ابتداءً من المنبع حيث تهتز جميع النقاط الواقعة على سطح الكرة ~~نسميه~~ صدر الموجة، وهذه النقاط جميعها تكون ذات طور واحد.

قرينة الانكسار:

في الحالة العامة إن سرعة الضوء في الخلاء أكبر من سرعته في أي وسط مرجعي لذلك. لذلك تعرف قرينة الوسط بأنه نسبة سرعة الضوء في الخلاء إلى سرعته في هذا الوسط أي:

$$n = \frac{c}{v}$$

من هنا نلاحظ أن قرينة الانكسار لا واحدة لها، وهي دائماً أكبر من الواحد

$n = 1$ للخلاء

$n = 1{,}5$ للزجاج

$n = 1{,}33$ للماء

المسار الضوئي: ان المسافة الهندسية التي يقطعها الضوء خلال زمن t في وسط ما تعطى بالعلاقة:

$$D = c \cdot t$$

الفصل الثاني:

ظاهرتي الانعكاس والانكسار

قوانين الانعكاس والانكسار

تعاريف:

١- زاوية الورود: هي الزاوية بين الشعاع الوارد والناظم على السطح.

٢- زاوية الانعكاس: هي الزاوية بين الشعاع المنعكس والناظم على السطح.

٣- زاوية الانكسار: هي الزاوية بين الشعاع المنكسر والناظم على السطح.

٤- الناظم: العمود وهو المقام على سطح الفاصل أو العاكس للضوء.

٥- مستوي الورود: هو المستوي الذي يحوي الناظم والشعاع الوارد.

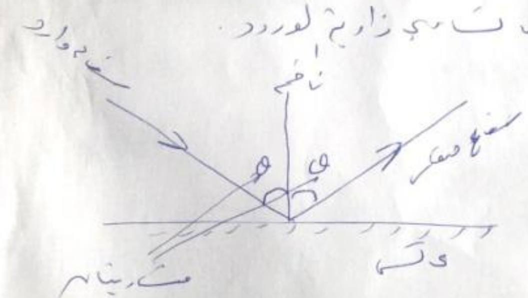
٦- مستوي الانعكاس: هو المستوي الذي يحوي الناظم والشعاع المنعكس.

٧- مستوي الانكسار: هو المستوي الذي يحوي الناظم والشعاع المنكسر.

قانونا الانعكاس:

١- ان الشعاعان الوارد والمنعكس يقعان في مستوي واحد.

٢- زاوية الانعكاس تساوي زاوية الورود.



قانونا الانكسار: قانون سنل.

١- ان الشعاع المنكسر يقع في مستوي الورود.

٢- النسبة بين جيب زاوية الورود وجيب زاوية الانكسار هي نسبة ثابتة:

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = const$$

وهذه النسبة الثابتة هي النسبة بين قرينتي انكسار الوسطين

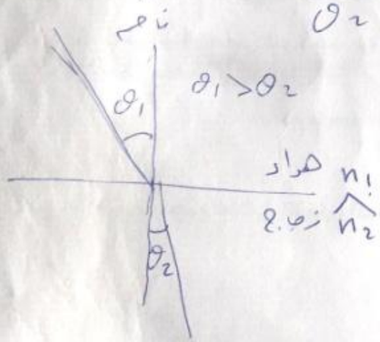
$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

عندما تكون الزوايا صغيرة فانه يمكن تقريب الجيب بالزاوية نفسها أي

$$n_1\theta_1 = n_2\theta_2$$

$$\frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$$



مناقشة ظاهرة الانكسار

① اذا ورد الضوء من وسط أقل كثافة الى وسط أشد كثافة

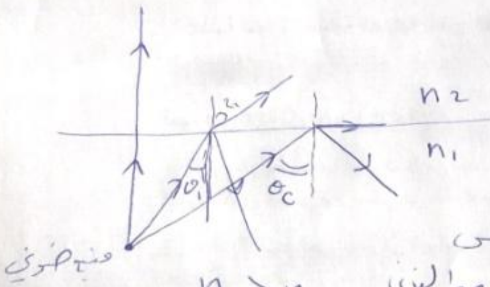
$$n_1 > n_2$$

يكون $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_1} > 1$

أي يكون $\theta_1 > \theta_2$

والضوء ينكسر ~~مقتربا~~ مقتربا من الناظم

الانعكاس الكلي الداخلي والزاوية الحرجة:



اذا ورد الضوء من وسط أكثر كثافة للضوء الى وسط أقل كثافة فإنه بأي زاوية ورود معينة بالزاوية الحرجة الواصلة الى الحد الفاصل بين الوسطين تنعكس كلية داخل الوسط دون أن يتم نفوذه للوسط الثاني $n_1 > n_2$ تسمى هذه الزاوية بالزاوية الحرجة ويمكن حساب قيمتها بالشكل

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$n_1 \sin\theta_c = n_2 \sin 90$$

$$n_1 \sin\theta_c = n_2$$

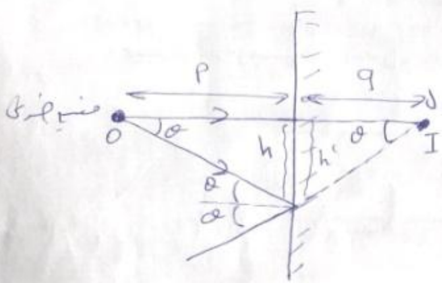
$$\boxed{\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}} \quad \text{for } n_1 > n_2$$

وأي زاوية أكبر من الزاوية الحرجة يحصل انعكاس كلي داخلي.

الفصل الثاني

الانعكاس من السطوح المستوية والكروية

① الخيال المتكون من المرايا المستوية:



الخيال المتكون في النقطة I للجسم الواقع في النقطة O هو خيال وهمي لأنه ناتج من التقاء امتدادات الأشعة المنعكسة

من الشكل نلاحظ

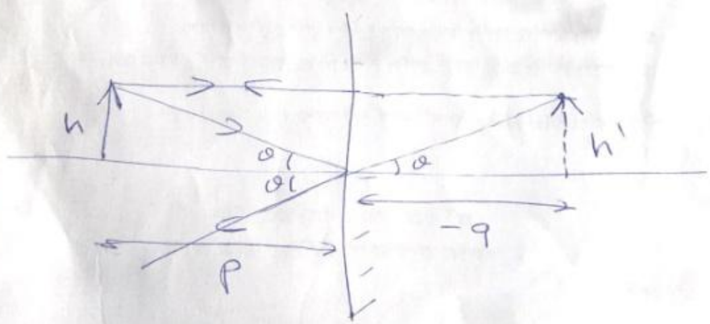
$$\tan\theta = \frac{h}{p} = \frac{h'}{-q}$$

$$\frac{h'}{h} = \frac{-q}{p}$$

وبما أن $p = -q$ فيكون $h = h'$

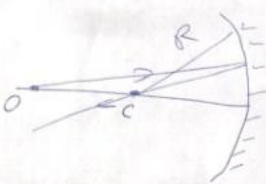
اي أن الخيال يساوي الجسم في المرآة المستوية.

ويحدد طول الخيال هندسياً في المرآة المستوية بالشكل

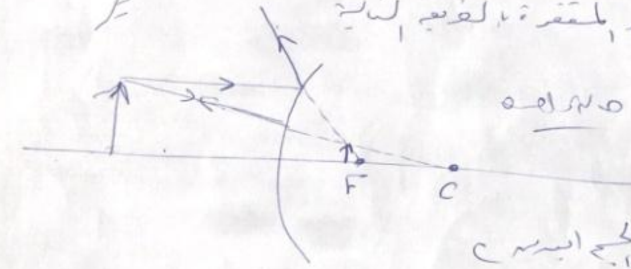


الانعكاس من السطوح الكروية

① - المرايا المقعرة والمحدبة هي عبارة عن سطح كروي مصقول عاكس للضوء وهذا السطح الكروي هو جزء من كرة نصف قطرها نصف قطر المرآة R ومركز المرآة C

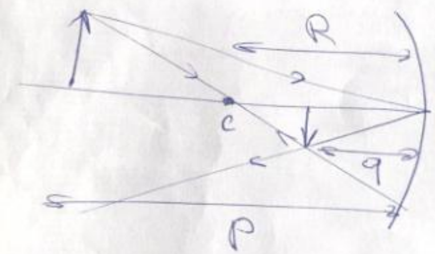


ويتم تحديد الخيال في المرآة المحدبة أو المقعرة بالطريقة التالية



حالاته

① الجسم أبعد من C
② الجسم بين C و F
③ الجسم بين F والمرآة



ويكتب قانون المرآة الكروية بالشكل

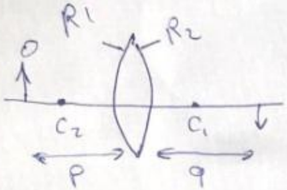
$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{2}{R}$$

ويحدد البعد المحرقي للمرآة الكروية بالشكل

$$f=\frac{R}{2}$$

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$$

العدسات الرقيقة:



العدسة هي مجموعة كاسرين كرويين للضوء

ويكتب قانون العدسات بالشكل

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$$

حيث F - البعد المحرقي للعدسة

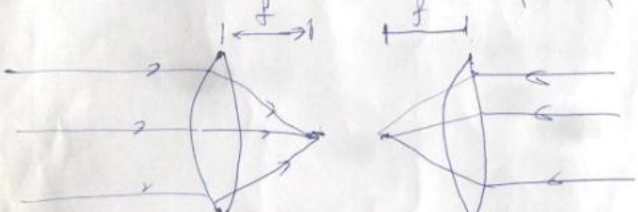
يكون البعد المحرقي للعدسة الرقيقة بأنه بعد الخيال الموافق لجسم يقع في اللانهاية بالنسبة للعدسة.

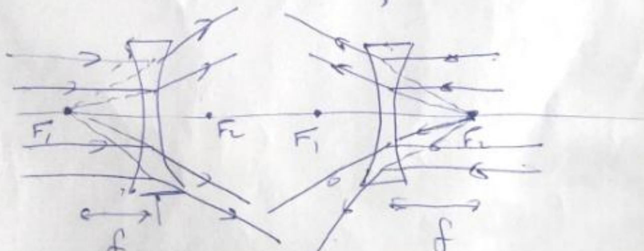
المعادلة أو العلاقة السابقة تسمى معادلة صانعي العدسة.

للعدسات الرقيقة نوعان:

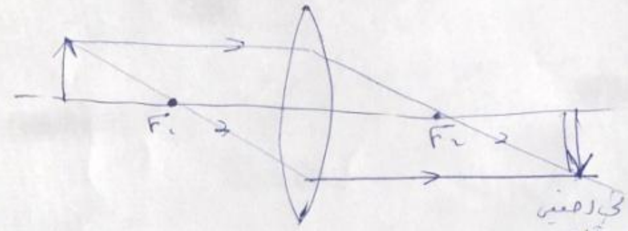
① العدسة الرقيقة محدبة الوجهين أو العدسة المكبرة

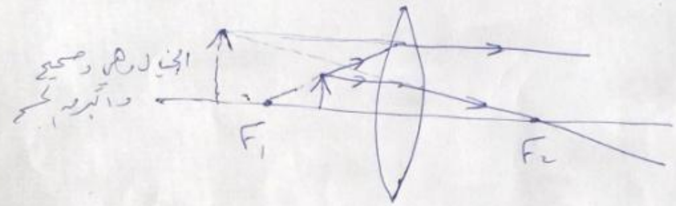
② العدسة الرقيقة مقعرة الوجهين أو العدسة المبعدة

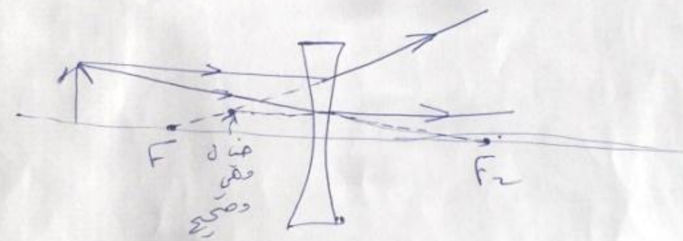




تشكيل الخيال بالعدسة الرقيقة







مثال: عدسة مقربة رقيقة بعدها البؤري $f = 10\ cm$ تشكل خيالاً لجسم وضعت في الأماكن التالية

أ- 30 cm   ب- 10 cm   ج- 5 cm

أوجد بعد الخيال والتكبير في كل حالة

الحل:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{30} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

$q = +15\ cm$ خيال حقيقي

والتكبير العرضي في هذه الحالة

$$m_t = \frac{h'}{h} = \frac{q}{p} = -\frac{15}{30} = -0,5$$

خيال مقلوب وأصغر من الجسم

ب-

$$\frac{1}{10} + \frac{1}{q} = \frac{1}{10}$$

$q = \infty\ cm$ لا يتشكل خيال في هذه الحالة

$$m_t = -\frac{q}{p} = -\frac{\infty}{10} = \infty$$

ج-

$$\frac{1}{5} + \frac{1}{q} = \frac{1}{10}$$

$$q = -10\ cm$$

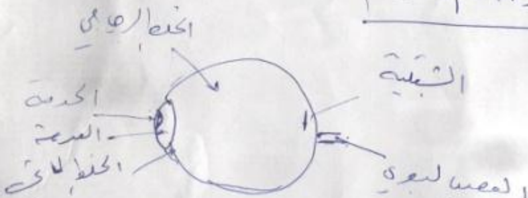
خيال وهمي

$$m_t = -\frac{q}{p} = -\frac{(-10)}{5} = +2$$

خيال صحيح وأكبر من الجسم مرتين.

التطبيقات

1) العين والرؤية



الثوابت الضوئية للعين:

- يبلغ قطر كرة العين حوالي 24 m.m
- قرينة انكسار القرنية 1,376
- قرينة انكسار الخلط المائي والزجاجي 1,336
(وسطا الرؤية مختلفين الهواء - ماء)
- البعد المحرقي الجسمي للعين 17 m.m
- البعد المحرقي الخيالي للعين 23 m.m
- الاستطاعة الكلية للعين 58,64 D (كبيرة)
- المطابقة: ان المحرق الخيالي للعين يقع مباشرة على الشبكية والعين قادرة على تغيير تقريبها بسرعة (استطاعة) بفعل العضلات المتصلة بالعدسة البلورية وبالتالي تعديل المطابقة

تسمى أبعد نقطة M تراها العين بوضوح تام دون مطابقة بنقطة المدى

وبعدها المدى D

ويسمى البعد الاصغري للعين في حال المطابقة بالبعد d

وتعرف سعة المطابقة للعين بالعلاقة

$$A = \frac{1}{d} - \frac{1}{D}$$

عند الاطفال تكون سعة المطابقة كبيرة حوالي 7cm فقط

وفي سن 45 سنة تصبح هذه النقطة = 25cm

وذلك بسبب اختلاف مرونة العضلات بين الاطفال والكبار

العيوب الشائعة في العين:

١- حسر البصر Myopia

حيث تصبح نقطة المدى قريبة من العين

٢- طمس البصر Hypermetropia

يكون حيث تصبح نقطة الكثب بعيدة من العين

٣- قدع البصر Presbyopia

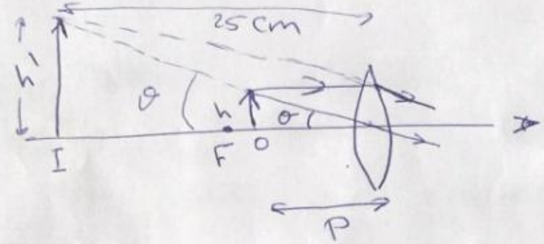
حيث تصبح سعة المطابقة صغيرة

٤- اللانقطية Astigmatism

حيث تكون العين غير متطابقة متناظرة بالنسبة للمحور البصري

الآلات البصرية:

① المكبرة: - لا نستطيع رؤية الأجسام بوضوح إذا كانت تبعد أقل من 25 cm (أقرب نقطة للكتب)
في حال وضع عدسة مقربة بين العين والجسم (المكبر) يحدث ما يلي:



نعرف التكبير الزاوي للعدسة بأنه نسبة الزاوية θ المقابلة للجسم بوجود العدسة الى الزاوية θ_0 المقابلة للجسم عندما يكون بنقطة الكتب دون وجود عدسة.

$$m = \frac{\theta}{\theta_0}$$

عندما يكون الجسم واقعاً في نقطة الكتب تكون $q = -25\ cm$

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{-25} = \frac{1}{f} \qquad \frac{1}{p} = \frac{1}{f} + \frac{1}{25}$$

$$P = \frac{25f}{25+f} \Leftarrow \frac{1}{p} = \frac{f+25}{25f}$$

حيث f هو البعد البؤري للعدسة مقدراً بالسنتيمتر.

من أجل زوايا صغيرة تكون

$$\tan\theta_0 \approx \theta_0 \approx \frac{h}{25}, \quad \tan\theta \approx \theta = \frac{h}{p}$$

$$m = \frac{\theta}{\theta_0} = \frac{h/p}{h/25} = \frac{25}{p}$$

$$m = \frac{25}{\frac{25f}{25+f}} = \frac{25+f}{f} = 1 + \frac{25}{f}$$

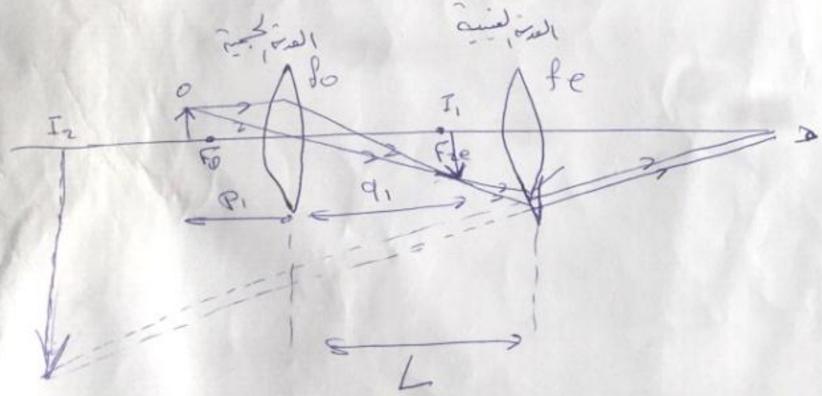
وإذا وضع الجسم في البؤرة

$$\tan\theta_0 \approx \theta_0 = \frac{h}{25}, \qquad \tan\theta = \theta = \frac{h}{f}$$

ويصبح التكبير الزاوي

$$m_{max} = \frac{\theta}{\theta_0} = \frac{25}{f}$$

② المجهر: هو أداة ضوئية تحتوي على مجموعة من العدسات المقربة رتبت بطريقة تمكنه من رؤية الأجسام الدقيقة.



نلاحظ من الشكل ما يلي :

١- لرؤية الجسم O يجب وضعه أبعد من البعد المحرقي للعدسة الجسمية F_o ولكن قريب منه . أي $P \simeq f_o$

٢- تعديل البعد بين العدستين حتى يتشكل خيال في I_1 حقيقي ومقلوب

٣- عندها عندها يقوم I_1 مقام الجسم بالنسبة للعدسة العينية .

٤- يمكن تقريب المسافة q_1 الى البعد L .

عندها نكتب عبارة التكبير الخطي العرضاني بالشكل :

$$M_1 = -\frac{q_1}{P} = -\frac{L}{f_o}$$

وبما ان الخيال واقع I_1 داخل النقطة المحرقية F_e للعينية وهو بمثابة جسم واقع أمامها فهو والعدسة العينية سوف تعمل عمل مكبرة يعطى تكبيرها الزاوي بالعلاقة

$$m_e = \frac{25\,cm}{f_o}$$

بالنتيجة يكون التكبير الخطي العرضاني للمجهر هو ناتج عن التكبير الخطي العرضاني للعدسة الجسمية M_1 و التكبير الزاوي للعدسة العينية m_e أي :

$$M = M_1 m_e$$

$$M = -\frac{L}{f_o}\,\frac{25\,cm}{f_o}$$

اشارة السالب تعني أن الخيال مقلوب .