

حركة دوران جسم صلب حول محور ثابت

التمرين 1

المعادلة الزمنية لحركة نقطة M من جسم صلب في دوران حول محور ثابت هي :

$$s(t) = 0,70t + 0,03$$

حيث t بالثانية و $s(t)$ بالمتر (m) .

- 1 - ما طبيعة حركة الجسم الصلب ؟
- 2 - حدد قيمة الأفضول المنحني للنقطة M عند اللحظة $t = 0$.
- 3 - إذا علمت أن قطر المسار الدائري للنقطة M هو $30cm$ ، أوجد تعبير الأفضول الزاوي $\theta(t)$ للنقطة M بدلالة الزمن t .

التمرين 2

ساق متجانسة AB طولها $l = 1m$ تدور حول محور ZZ' عمودي على AB ويمر من النقطة O بحيث أن $OA = 3OB$.

- 1 - أوجد ω السرعة الزاوية لدوران الساق حول المحور ZZ' علما أن السرعة الخطية ل A هي $v_A = 1m/s$
- 2 - ما هي سرعة النقطة B ؟
- 3 - ما هي سرعة النقطة A ؟

التمرين 3

ترسم نقطة M من متحرك في دوران حول محور ثابت مسارا دائريا شعاعه $R = 2cm$. سرعتها الزاوية ثابتة $\omega = 2rad/s$.

عند اللحظة $t = 0$ تحتل الموضع A ذي الأفضول الزاوي $\theta = \pi/6rad$.

- 1 - أوجد المعادلة الزمنية $\theta(t)$ لحركة النقطة M
- 2 - ما هي سرعتها الخطية ؟
- 3 - ما هي المدة الزمنية لكي ينجز المتحرك دورة كاملة ؟

التمرين 4

ينجز قرص D قطره $d = 30cm$ غير قابل للتشويه حركة دوران حول محور ثابت Δ بسرعة زاوية $\omega = 1800tr/min$.

1 - تأكد من أن قيمة السرعة الزاوية هي : $\omega = 60\pi rad/s$

2 - استنتج طبيعة حركة القرص D .

3 - الأفضول الزاوي لنقطة M_0 تنتمي إلى محيط القرص هي $\theta_0 = \pi rad$ ، أكتب المعادلة الزمنية $\theta(t)$ باعتبار أن M_0 أصلا للتواريخ ($t = 0$)

التمرين 5

نعتبر أن الأرض كروية الشكل شعاعها $R = 6380km$.

تدور الأرض حول نفسها خلال المدة T والتي توافق يوما فلكيا .

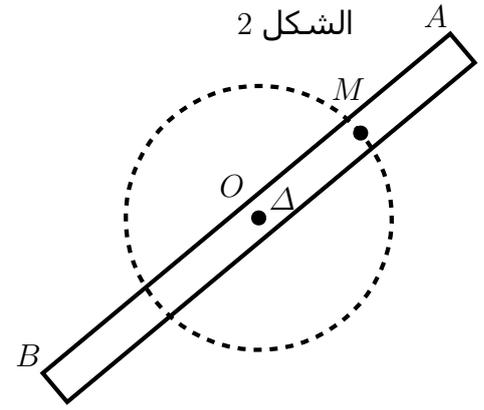
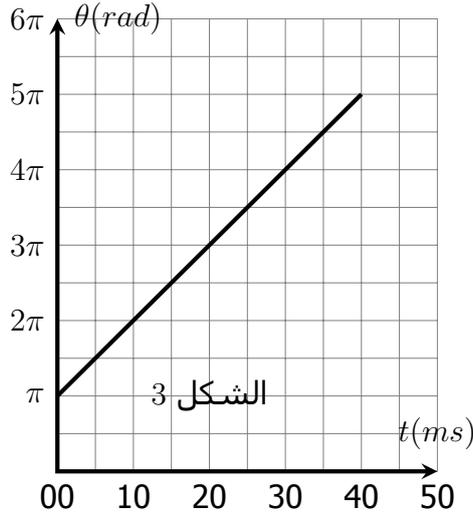
1 - أعط السرعة الزاوية لدوران الأرض .

2 - أوجد تعبير السرعة الخطية V لنقطة M من سطح الأرض معلمة بخط عرض في المعلم المركزي الأرضي بدلالة λ و T و R .

3 - أحسب السرعات V_1 و V_2 و V_3 على التوالي للنقط التي توجد في خط الإستواء $\lambda = 0$. في أسفي $\lambda = 32^\circ$ في لندن $\lambda = 51^\circ$ تعطى مدة يوم فلكي : $T = 23h56min$

التمرين 6

- ساق متجانسة AB طولها $L = 0,5m$ وكتلتها $M = 1kg$ بإمكانها الدوران حول محور ثابت Δ يمر من مركز قصورها G وعمودي على المستوى الذي يتضمنها . الشكل 2
- تتنمي نقطة M إلى الساق AB حيث تبعد عن محور الدوران بالمسافة $OM = AB/4$ يمثل منحنى الشكل 3 تغيرات الأضلاع الزاوي $\theta(t)$ للمواضع التي تحتلها النقطة M في كل لحظة t .
- 1 - أعط تعريف حركة الدوران المنتظم لجسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت
 - 2 - ما طبيعة حركة الساق AB ؟ علل جوابك
 - 3 - أكتب المعادلة الزمنية الموافقة للأضلاع الزاوي $\theta(t)$ لحركة دوران الساق حول المحور Δ .
 - 4 - استنتج السرعة الخطية للنقطة M المنتمية للساق
 - 5 - خلال المدة الزمنية Δt ينجز الساق 20 دورة حول المحور Δ ، أحسب Δt



الشغل والقدرة

التمرين 1

تتجز قوة ثابتة \vec{F} شغلا قيمته $200J$ أثناء انتقال مستقيمي $AB = 5m$ بسرعة ثابتة خلال مدة زمنية تساوي $10s$.
أحسب شدة هذه القوة في الحالات التالية :
 $\alpha = 0^\circ$ و $\alpha = 30^\circ$ و $\alpha = 45^\circ$. α الزاوية التي تكونها متجهة الانتقال \vec{AB} ومتجهة القوة \vec{F} .

التمرين 2

نذف نحو الأعلى كرة كتلتها $m = 50g$ بسرعة بدئية عمودية على سطح الأرض ، من موضع A يبعد عن سطح الأرض ب $3m$ ، ويتوقف عند الموضع B والذي يبعد عن سطح الأرض ب $12m$.
1 - أحسب شغل وزن الكرة أثناء هذا الانتقال . ما هي طبيعته ؟ نعطي $g = 9,8N/kg$
2 - عند وصول الكرة إلى الموضع B تسقط نحو الأرض ، أحسب شغل وزن الكرة أثناء هذا السقوط .

التمرين 3

يجر طفل لعبة كتلتها $M = 2kg$ بواسطة خيط غير قابل للإمتداد على مسار مستقيمي أفقي بسرعة ثابتة $v = 1m/s$. يكون الخيط مع المستوى الأفقي زاوية $\alpha = 15^\circ$.
1 - أجرد القوى المطبقة على اللعبة ؟ أكتب علاقة متجهية تربط بين هذه المتجهات . ما طبيعة التماس بين اللعبة والمسار ؟
2 - أحسب شغل توتر الخيط \vec{T} أثناء انتقال نقطة تأثيرها بالمسافة $AB = 100m$ ، علما أن شدتها $T = 2N$
3 - أحسب قدرة القوة \vec{T}
4 - ما هي شدة قوة الاحتكاك الناتجة عن التماس بين اللعبة وسطح الأرض .

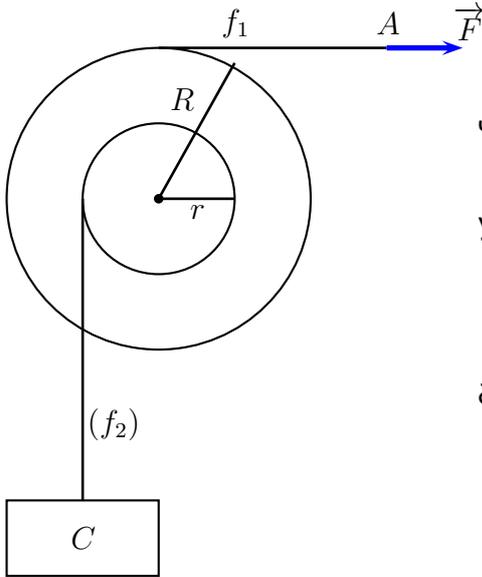
التمرين 4

ينزلق متحرك كتلته $M = 2kg$ بسرعة ثابتة حسب الخط الأكبر ميلا لمستوى مائل بميل 8% بالنسبة للمستوى الأفقي .
1 - أحسب زاوية الميل α للمستوى المائل .
2 - أجرد القوى المطبقة على المتحرك واستنتج العلاقة المتجهية بين متجهات هذه القوى .
3 - أوجد تعبير العلاقة المتجهية عندما نسقطها على محور Ox متطابق مع المستوى المائل و تعبير العلاقة المتجهية عندما نسقطها على محور Oy عمودي على المستوى المائل .
3 - أحسب شغل وزن المتحرك وشغل قوة الاحتكاك أثناء الانتقال \vec{AB} . نعطي $AB = 8m$

التمرين 5

يصعد جسم صلب S كتلته $m = 500g$ بسرعة ثابتة $v = 2m/s$ سكة مائلة بزاوية $\alpha = 10^\circ$ بالنسبة للمستوى الأفقي .
قوة الاحتكاك المطبقة من طرف السكة على الجسم S شدتها $f = 1N$ ومنحاهها عكس منحى متجهة السرعة \vec{v} .
يتم جر الجسم S على السكة بواسطة حبل مرتبط بمحرك ، الحبل غير قابل الامتداد وكتلته مهملة . نعتبر أن اتجاه القوة \vec{T} المطبقة من طرف الحبل على الجسم S اتجاهها يوازي الخط الأكبر ميلا .
1 - أجرد القوى المطبقة على الجسم S واحسب شدتها .
2 - احسب أشغال هذه القوى خلال انتقال مركز قصور الجسم بمسافة $3m$ على المستوى المائل .
3 - أحسب القدرة المبدولة من طرف القوة \vec{T}

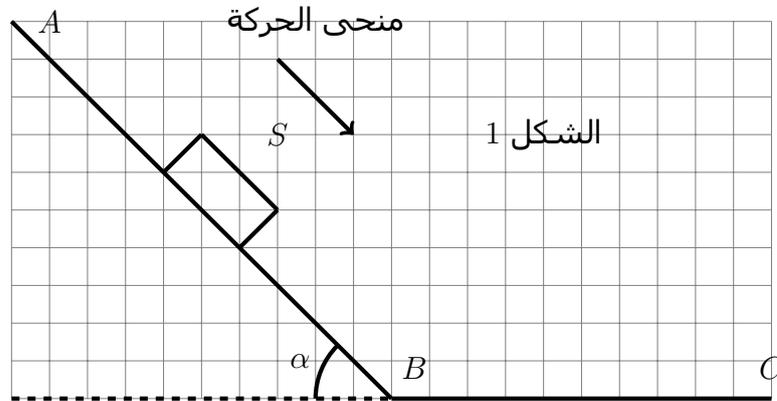
التمرين 6



- لرفع حمولة كتلتها $M = 2kg$ بسرعة ثابتة $V = 2m/s$ نستعمل الجهاز الممثل في الشكل (1) : يتكون الجهاز من :
 - بكرة ذات مجريين شعاع كل منهما $R = 10cm$ و $r = 4cm$ ،
 - خيطين f_1 و f_2 ملفوفين على مجرى البكرة وغير مدودين ولا ينزلان على مجريي البكرتين
 1 - أحسب شدة القوة \vec{F} المطبقة على الخيط f_1 .
 (نعتبر الاحتكاكات مهملة ونأخذ $g = 10N/kg$)
 2 - أحسب شغل وقدره كل من وزن الجسم \vec{P} للجسم S والقوة \vec{F} عندما تنجز البكرة دورة كاملة .

التمرين 7

- يتحرك جسم صلب (S) كتلته $M = 0,2kg$ بسرعة ثابتة $v = 2m/s$ على سكة ABC مكونة من جزئين AB و BC ، توجد في مستوى رأسي كما يبين الشكل أسفله .
 الجزء AB جزء مستقيمي طوله $l = 2m$ ، مائل بزاوية $\alpha = 40^\circ$ بالنسبة للمستوى الأفقي .
 الجزء BC جزء مستقيمي أفقي طوله $l' = 1,5m$.
 نعتبر أن الاحتكاكات في الجزء AB و في الجزء BC تكافئ قوة f شدتها ثابتة f واتجاهها مواز لمسار الجسم S ومنحاه عكس منحى الحركة . نعطي : $g = 10N/kg$



- I - دراسة حركة الجسم على الجزء AB
 1 - أجرد القوى المطبقة على الجسم (S) خلال حركته على هذا الجزء . مثل هذه القوى بدون سلم .
 2 - أوجد تعبير شغل وزن الجسم (S) خلال انتقاله من A إلى B .
 3 - أحسب شغل القوة المطبقة من طرف السكة AB على الجسم (S) خلال انتقاله من A إلى B . واستنتج شدة قوة الاحتكاك f
 II - دراسة حركة الجسم على الجزء BC
 1 - أجرد القوى المطبقة على الجسم (S) في الجزء BC ومثلها بدون سلم
 2 - أحسب شغل وزن الجسم خلال انتقاله من B إلى C
 3 - أحسب شغل قوة المطبقة من طرف السكة على الجسم S خلال انتقاله من B إلى C علما أن شدة قوة الاحتكاك هي نفسها في الجزء السابق . ما طبيعة هذا الشغل ؟

الطاقة الحركية والشغل الميكانيكي

التمرين 1

- 1 - يتحرك جسم صلب S كتلته $M = 4kg$ على مسار مستقيمي بسرعة $V = 3m/s$. أحسب الطاقة الحركية للجسم S .
- 2 - أحسب الطاقة الحركية لكرة المضرب كتلتها $m = 55g$ عند قذفها بسرعة $V = 220km/h$.
- 3 - أحسب الطاقة الحركية لدوار منوب (*alternateur*) . عزم قصوره $J_{\Delta} = 5735kg.m^2$ ويدور بسرعة زاوية $\omega = 3000tr/min$

التمرين 2

- يتكون نواس بسيط من كرية ذات أبعاد مهملة ، كتلتها $m = 20g$ مرتبطة بطرف خيط كتلته مهملة وغير مدود . نثبت الطرف الآخر للنواس في حامل ، ونطلقه بدون سرعة بدئية ، فيتحرك في مستوى رأسي ويمر من موضع توازنه المستقر .
- الطاقة الحركية للنواس عند مروره من موضع التوازن $E_C = 0,1J$. أحسب سرعة النواس في هذا الموضع .

التمرين 3

- يتكون نواس من كرية كتلتها $m = 200g$ مرتبطة بطرف خيط غير قابل الامتداد وطوله $l = 20cm$ ، الطرف الآخر مثبت بحامل (Δ) يمر من النقطة O . نهمل الاحتكاكات ونأخذ $g = 9,81N/kg$.
- نزيح النواس عن موضع توازنه المستقر بزاوية $\theta_0 = 20^\circ$ ونحرره بدون سرعة بدئية .
- نسمي θ الزاوية التي يكونها الخيط و الخط الرأسي المتطابق مع المحور Oz عند كل لحظة t حيث Oz موجه نحو الأعلى
- 1 - أوجد تعبير شغل وزن الكرية خلال انتقال النواس من θ_0 إلى θ بدلالة θ و θ_0 و m و g و l .
 - 2 - بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية بين أن تعبير سرعة الكرية عند مرورها من موضع توازنها المستقر في أول مرة هو :

$$v = \sqrt{2gl(1 - \cos\theta_0)}$$

- 3 - أحسب قيمة هذه السرعة .

التمرين 4

- مقود محرك لدراجة نارية جسم صلب متجانس أسطواناني الشكل كتلته $M = 2Kg$ وشعاعه $R = 10cm$ بنجز المقود حركة دوران حول محوره بسرعة زاوية قيمتها $500tr/min$. ما قيمة الطاقة الحركية للمقود ؟ نعطي $J_{\Delta} = \frac{1}{2}MR^2$

التمرين 5

- نعتبر قرصا متجانسا عزم قصوره بالنسبة لمحور الدوران Δ المار من مركز تماثله هو $J_{\Delta} = 3.10^{-2}kg.m^2$.
- 1 - يدور القرص بسرعة زاوية قيمتها $\frac{100}{3}tr/min$ ، أحسب الطاقة الحركية للقرص .
 - 2 - نطبق على القرص مزدوجة احتكاك عزمها ثابت فينجز 15 دورة قبل أن يتوقف ، أحسب عزم مزدوجة الاحتكاك .

التمرين 6

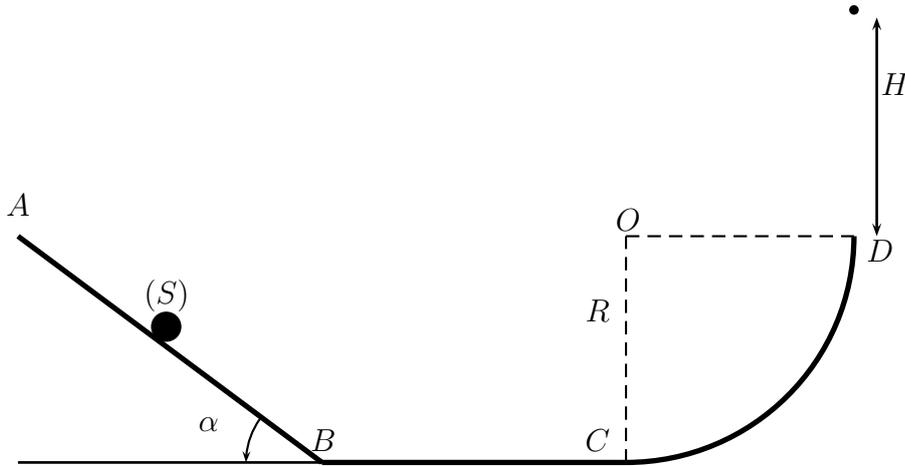
- للأرض حركة دائرية حول الشمس ، شعاع هذا المسار والذي نعتبره دائري هو $r = 1,5.10^8 km$.
 نعطي كتلة الأرض $M_T = 6.10^{24} kg$ وشعاعها $R_T = 6380 km$.
 1- نعتبر أن الأرض كرة متجانسة شعاعها R_T وكتلتها M_T ، أحسب عزم قصورها بالنسبة لمحور القطبين تم طاقتها الحركية للدوران عند دورانها حول هذا المحور .
 2 - نعتبر الآن الأرض نقطية في حركتها حول الشمس أحسب طاقتها الحركية للإزاحة .

التمرين 7

- تدور أسطوانة ذات عزم قصور $J_{\Delta} = 3.10^2 kg.m^2$ بسرعة بدئية توافق $\omega_0 = 45 tr/min$. عندما نوقف المحرك تتوقف الأسطوانة تحت تأثير مزدوجة الاحتكاك بعد أن تنجز 120 دورة .
 1 - عين عزم مزدوجة الاحتكاك الذي نعتبره ثابتا .
 2 - نشغل من جديد المحرك ، فتدور الأسطوانة بسرعة ثابتة تساوي ω_0 . استنتج شغل المحرك خلال دقيقة وكذا قدرته .

التمرين 8

- ينزلق جسم صلب S كتلته $m = 500g$ على سكة $ABCD$ مكونة من ثلاثة أجزاء :
 الجزء الأول AB : مستقيمي مائل بزاوية $\alpha = 45^\circ$ بالنسبة للخط الأفقي وطوله $AB = 1,5m$.
 الجزء الثاني BC : مستقيمي طوله $BC = 1m$
 الجزء الثالث : قوس من دائرة شعاعها $R = 40cm$ ومركزها O .



- 1 - نطلق الجسم (S) من نقطة A بسرعة بدئية $V_A = 1m/s$ فيمر من النقطة B بسرعة $V_B = 4m/s$.
 1 - 1 - أحسب الطاقة الحركية $E_C(A)$ و $E_C(B)$ للجسم S في النقطتين A و B .
 1 - 2 - أعط نص مبرهنة الطاقة الحركية .
 1 - 3 - بين أن التماس بين (S) والجزء AB يتم بالاحتكاك .
 1 - 4 - باعتبار أن قوة الاحتكاك f منحاهم معاكس لمنحى متجهة السرعة ، وشدتها تبقى ثابتة خلال الانتقال من A إلى B ، أحسب f .
 2 - باعتبار أن الاحتكاكات مهملة في الجزء BC ، أحسب سرعة الجسم في النقطة C واستنتج طاقته الحركية . ما هي طبيعة حركة الجسم في هذا الجزء ؟ علل الجواب .
 3 - في الجزء CD نعتبر الاحتكاكات مهملة . أوجد تعبير سرعة الجسم S عند النقطة D واحسب قيمتها .
 4 - نحتفظ بنفس المعطيات السابقة باستثناء السرعة البدئية V_A .
 4 - 1 - نطلق الجسم بدون سرعة بدئية . هل سيقادر الجسم السكة . علل الجواب .
 4 - 2 - نطلق الجسم من النقطة A طاقته الحركية $E_C(A) = 0,8J$. أحسب الارتفاع H الذي سيصله الجسم بعد مغادرته السكة $ABCD$. نعطي $g = 10N/kg$

التمرين 9

نعتبر التركيب الممثل في الشكل أسفله والمتكون من :
 - بكرة شعاعها $r = 10\text{cm}$ وعزم قصورها $J_{\Delta} = 2.10^{-2}\text{kg.m}^2$ قابلة للدوران حول محور أفقي منطبق مع محور تماثلها (Δ) .

- جسم صلب (S) كتلته $m = 500\text{g}$ مرتبب بطرف حبل كتلته مهملة وغير مدود ملفوف على مجرى البكرة .
 الحبل لا ينزلق على البكرة .

نعطي $\alpha = 30^\circ$ ونأخذ $g = 9,80\text{N/kg}$.

1 - نفترض أن الاحتكاكات مهملة بين السطح المائل والجسم (S) .

لكي نجعل الجسم (S) يصعد على المستوى المائل ، نستعمل محرك مرتبب بالبكرة بواسطة مروود يدور بسرعة زاوية ثابتة قيمتها $\omega = 20\text{rad/s}$.

1 - 1 - أحسب شدة القوة T المطبقة من طرف الحبل على البكرة لرفع الجسم (S) من A إلى B .

استنتج عزم المزدوجة المحركة المطبقة من طرف المحرك .

1 - 2 - أحسب القدرة المتوسطة لهذا المحرك .

2 - عند وصول الجسم إلى النقطة B ينفلت الحبل من البكرة . أحسب المسافة BC المقطوعة من طرف الجسم قبل توقفه في النقطة C . نفترض أن الاحتكاكات غير مهملة و شدة قوة الاحتكاك المطبقة من طرف السطح المائل على الجسم (S) هي $f = 0,9\text{N}$.

3 - لتوقيف البكرة تدريجيا ، نطبق عليها في اللحظة $t = 0$ مزدوجة احتكاك عزمها ثابت $M_1 = 8.10^{-2}\text{N.m}$ يعطي المبيان الممثل في الشكل أسفله، تغيرات الطاقة الحركية E_C للبكرة عند تطبيق مزدوجة الاحتكاك بدلالة θ زاوية دورانها حول Δ .

1 - 3 - من خلال المبيان بين أن

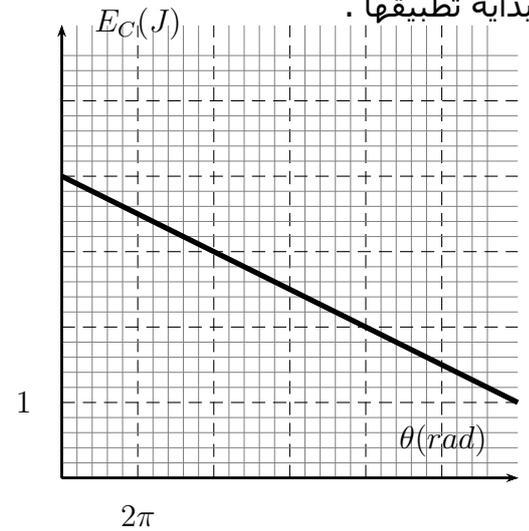
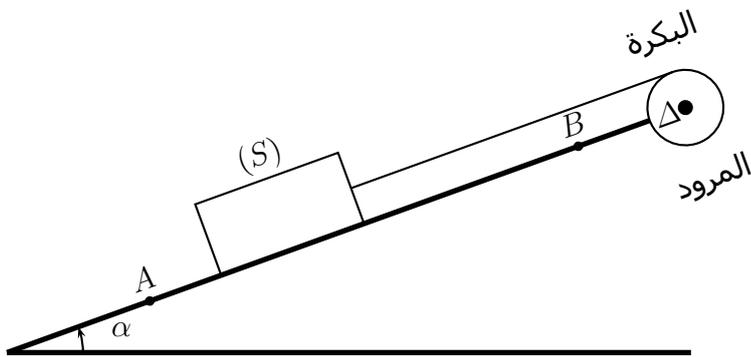
$$E_C(\theta) = -\frac{1}{4\pi}.\theta + 4$$

2 - 3 - أوجد تغير الطاقة الحركية ΔE_C للبكرة بين اللحظتين t_1 حيث $\theta_1 = 0$ و t_2 حيث $\theta_2 = 16\pi\text{rad}$.

3 - 3 - أوجد السرعتين الزاويتين ω_1 و ω_2 للبكرة عند t_1 و t_2 .

4 - 3 - بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على البكرة بين t_1 و t_2 أحسب الشغل المنجز من طرف المحرك .
 واستنتج عزم المزدوجة المحركة بالنسبة للمحور (Δ) .

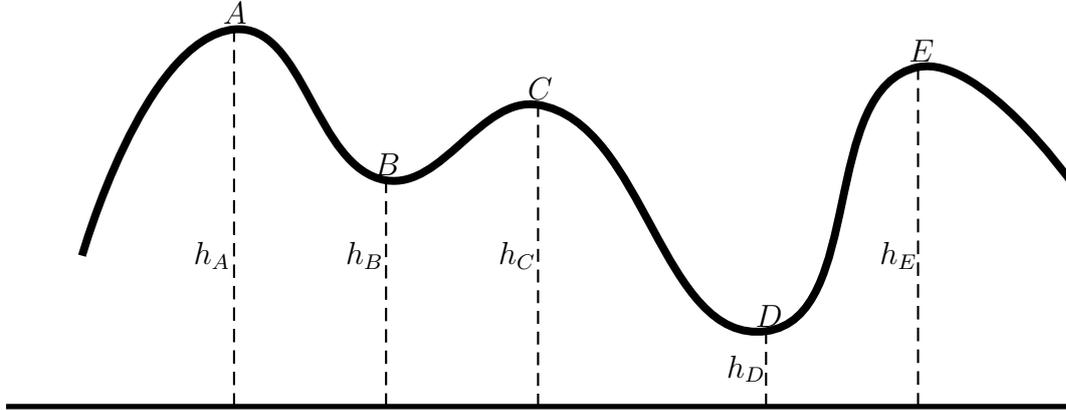
5 - 3 - أحسب M_2 عزم مزدوجة الاحتكاك التي يجب تطبيقها على البكرة لكي تتوقف بعد انجاز دورتين من بداية تطبيقها .



طاقة الوضع الثقالية والطاقة الميكانيكية

التمرين 1 : تغير طاقة الوضع الثقالية

في حديقة الأطفال تتحرك عربة صغيرة كتلتها $m = 65kg$ على سكة $ABCDE$ ذي الشكل الممثل أسفله . توجد السكة في مستوى رأسي .



مختلف مواضع النقط A و B و C و D و E مملعة بالنسبة لمستوى الأرض حيث توجد على ارتفاعات التالية بالنسبة لسطح الأرض :

$$h_A = 20m; h_B = 10m; h_C = 15m; h_D = 5m; h_E = 18m$$

أحسب تغير طاقة الوضع الثقالية عند مرور العربة من A إلى B و من B إلى C و من C إلى D و من D إلى E و من A إلى E

التمرين 2 : تغير طاقة الوضع الثقالية لقضيب قابل للدوران حول محور ثابت

- نعتبر قضيبا AB كتلته $m = 0,5kg$ وطوله $l = AB = 40cm$ يدور في مستوى رأسي حول محور Δ أفقي ومار من أحد طرفه A
- 1 - أوجد تعبير طاقة الوضع الثقالية E_{pp} للقضيب بدلالة الزاوية θ التي يكونها القضيب مع الخط الرأسي المار من Δ والكتلة m وطول الساق l و شدة مجال الثقالة .
 - نختار المحور (O, \vec{k}) الموجه نحو الأعلى والمطابق للحالة التي يكون فيها القطيب في توازن مستقر حيث $E_{pp} = 0$ متطابقة مع مركز قصوره . والمستوى المار من مركز قصوره كحالة مرجعية لطاقة الوضع الثقالية $E_{pp} = 0$
 - 2 - أحسب تغير طاقة الوضع الثقالية عندما تمر θ من $\theta_1 = 20^\circ$ إلى $\theta_2 = 60^\circ$.
 - 3 - استنتج قيمة شغل وزن الجسم خلال هذا الانتقال .

التمرين 3 : تغير الطاقة الميكانيكية

- تسقط كرية من الرصاص كتلتها $m = 50g$ بدون سرعة بدئية من ارتفاع $h = 2m$ من سطح الأرض . نأخذ سطح الأرض مرجعا لطاقة الوضع الثقالية في مجال الثقالة ونوجه المحور (O, \vec{k}) نحو الأعلى و مركزه ينتمي إلى سطح الأرض
- 1 - أعط تعبير الطاقة الميكانيكية للمجموعة أرض - كرية
 - 2 - أحسب قيمة الطاقة الميكانيكية للمجموعة عند بداية سقوط الكرية .
 - 3 - بإهمال تأثير الهواء خلال السقوط ، ما هي الميزة الفيزيائية الخاصة لهذه المجموعة ؟
 - 1 - 4 - استنتج قيمة الطاقة الميكانيكية للمجموعة عندما تسقط الكرية من ارتفاع $1,8m$ من سطح الأرض .
 - 2 - 4 - أحسب الطاقة الحركية للكرية لحظة سقوطها على سطح الأرض واستنتج سرعتها .

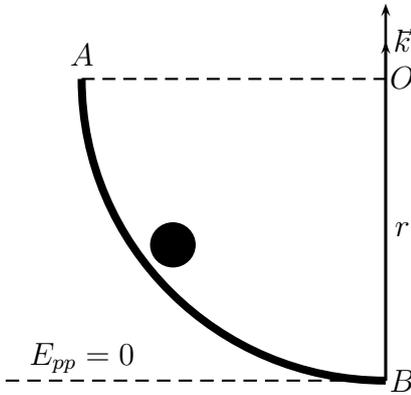
التمرين 4 : مخطط الطاقة

- نذف حجرة كتلتها $m = 50g$ من سطح الأرض بسرعة $V = 72km/h$ نحو الأعلى . نختار كحالة مرجعية طاقة الوضع الثقالية سطح الأرض .
- 1 - مثل على نفس المخطط $E_{pp} = f(z)$ و $E_m = g(z)$ و استنتج E_C بدلالة z
 - 2 - حدد الارتفاع h في الحالتين التاليتين :
 - طاقتها الحركية مساوية لطاقة الوضع الثقالية .
 - طاقة الوضع الثقالية مساوية للطاقة الحركية البدئية .

التمرين 5 : الدراسة الميكانيكية لحركة جسم على سطح مائل

- نرسل جسما صلبا (S) كتلته $M = 0,5kg$ فوق مستوى مائل بسرعة بدئية $V_0 = 5m/s$ نحو الأعلى.
- 1 - ما قيمة الطاقة الميكانيكية للجسم (S) لحظة انطلاقه إذا اخترنا كمرجع لطاقة الوضع الثقالية المستوى الذي ينتمي إليه موضع انطلاق الجسم ؟
 - 2 - علما أن زاوية الميل للمستوى بالنسبة للخط الأفقي هي $\alpha = 10^\circ$ وأن القوة R المطبقة على الجسم من طرف المستوى المائل لها المميزات التالية :
الشدة $4,98N$
 - المنحى معاكس لمنحى حركة الجسم (S) .
 - الاتجاه يكون زاوية $\varphi = 14^\circ$ مع الخط المتعامد مع المستوى المائل .
- 1 - 2 - بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية ، أحسب المسافة التي يقطعها الجسم (S) فوق المستوى المائل لكي تأخذ سرعته القيمة $V_0/2$.
 - 2 - 2 - أحسب، في هذه الحالة ، الطاقة الميكانيكية للجسم (S) . ماذا تستنتج ؟

التمرين 6 : الدراسة الميكانيكية لحركة جسم على مسار منحنى



- نعتبر سكة لها شكل ربع دائرة شعاعها $r = 2m$ ومركزها O توجد في مستوى رأسي كما يبين الشكل جانبه
- نحرر عند النقطة A جسما صلبا (S) نقطيا كتلته $m750g$ بدون سرعة بدئية. فينزل طول السكة . نأخذ $g = 10K/kg$
- 1 - أحسب شغل وزن الجسم خلال انتقاله من A إلى B
 - 2 - نأخذ المستوى الأفقي المار من النقطة B كحالة مرجعية لطاقة الوضع الثقالية :

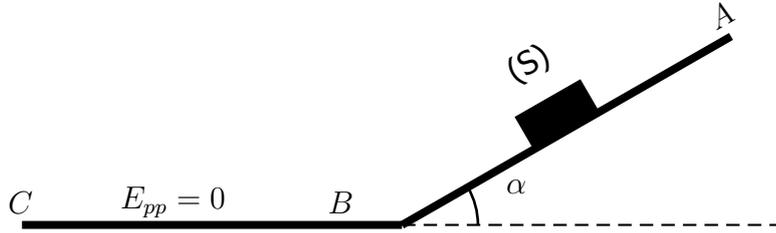
- 1 - 2 - بين أن الطاقة الميكانيكية ل (S) عند النقطة M انسوبها z تكتب على الشكل التالي

$$E_m = mg(z + r) + \frac{1}{2}mv^2$$

- 2 - 2 - أحسب قيمتها عند النقطة A .
- 3 - علما أن الاحتكاكات بين (S) والسكة مكافئة لقوة f شدتها ثابتة ومماسة للمسار . أوجد بطريقتين (مبرهنة الطاقة الحركية و تغير الطاقة الميكانيكية) تعبير v_B سرعة (S) عند النقطة B بدلالة f و r و g و m . أحسب قيمتها علما أن $f = 3N$

التمرين 7 : الدراسة الميكانيكية لحركة جسم على مسار مستقيمي

يمكن لجسم صلب (S) كتلته $M = 0,4kg$ أن ينزلق فوق سكة ABC توجد في مستوى رأسي (أنظر الشكل) .



تتكون هذه السكة من :

– جزء AB طوله $AB = l = 1,2m$ مائل

بزواوية $\alpha = 30^\circ$ بالنسبة للمستوى الأفقي

حيث التماس يتم بدون احتكاك .

– جزء BC مستقيمي وأفقي حيث التماس

يتم باحتكاك .

في اللحظة $t_0 = 0$ نرسل الجسم (S) من

النقطة A بسرعة بدئية $v_A = 2m/s$ ، ليمر

من النقطة B في اللحظة t_B بسرعة v_B

. نعتبر المستوى الأفقي المار من C و B

مرجعا لطاقة الوضع الثقالية .

1 – أحسب شغل وزن الجسم (S) أثناء انتقاله على الجزء AB . نأخذ $g = 10N/kg$

2 – بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية بين اللحظتين t_0 و t_1 أوجد قيمة السرعة v_B

3 – أحسب $E_m(A)$ و $E_m(B)$ قيمتي الطاقة الميكانيكية للجسم (S) في الموضعين (A) و (B) .

4 – أحسب تغير الطاقة الميكانيكية ΔE_m بين اللحظتين t_0 و t_1 . ماذا تستنتج ؟

5 – بعد مرور الجسم من النقطة B بسرعة v_B يتابع الجسم حركته على المستوى الأفقي BC حيث

الاحتكاكات مكافئة لقوة أفقية f شدتها $f = 2N$ ثابتة .

أوجد قيمة المسافة BC علما أن الجسم (S) يتوقف عند النقطة C .

6 – بأية سرعة v يجب إرسال الجسم من C ليصل إلى النقطة A بسرعة منعدمة ؟ باعتبار أن التماس في

الجزء AB يتم بدون احتكاك وفي الجزء BG يتم باحتكاك وشدة قوة الاحتكاك $f = 2N$ ثابتة وأفقية .

التمرين 8 : الدراسة الميكانيكية لحركة نواس وازن

يتكون نواس وازن من عارضة متجانسة OA طولها $l = 50cm$ وكتلتها مهملة وجسم نقطي مثبت في طرفها

A كتلته $m = 200g$. نعتبر الاحتكاكات مهملة ونأخذ $g = 10N/kg$

نزيح النواس عن موضع توازنه المستقر بزواوية $\alpha_0 = 30^\circ$ ونطلقه بسرعة بدئية \vec{v}_0 عمودية على المستقيم

(OA) .

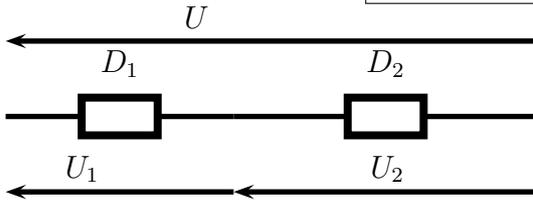
1 – أوجد القيمة الدنوية v_0 لكي يتمكن النواس الوازن من إنجاز دورة كاملة حول O

2 – علما أن النواس انطلق بسرعة بدئية $v_0 = 4,5m/s$ حدد القيم الدنوية والقصوية لسرعة الجسم ولطاقته

الحركية .

الكهرباء

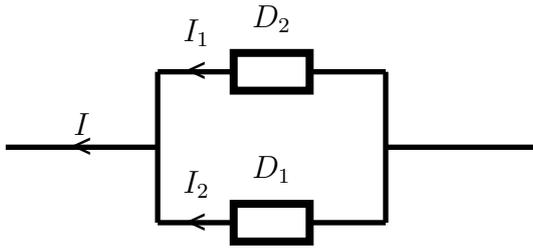
انتقال الطاقة في دارة كهربائية



التركيب الكهربائي 1

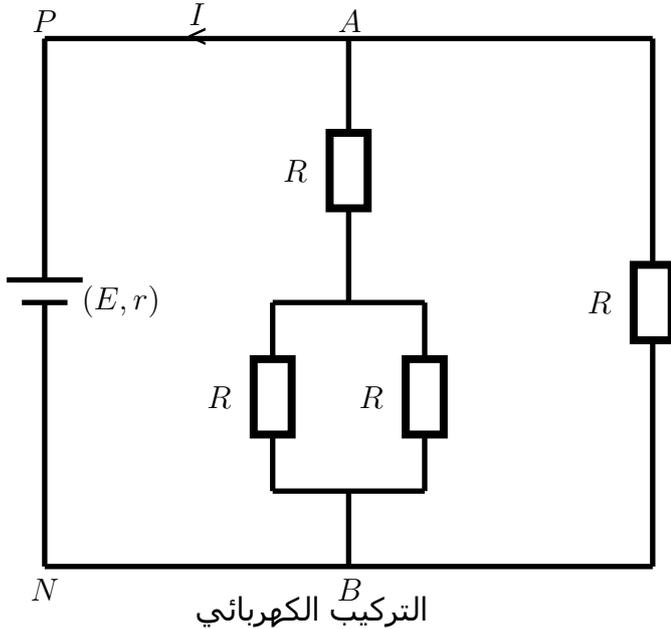
التمرين 1 : تذكير بقانون إضافية التوترات وقانون العقد

1 - اعتمادا على التركيب الكهربائي 1 ، ما هي العلاقة بين التوترات التالية U و U_1 و U_2



التركيب الكهربائي 2

2 - اعتمادا على التركيب الكهربائي 2 ، ما هي العلاقة بين شدة التيارات I و I_1 و I_2



التركيب الكهربائي

التمرين 2

نعتبر التركيب جانبه حيث المولد عبارة عن عمود قوته الكهرومحرقة $E = 12V$ ومقاومته الداخلية $r = 3\Omega$.
نطبق بين مربطيه توترا كهربائيا $U_{PN} = 9V$ فيمر في المولد تيار كهربائي شدته I .
1 - أوجد تعبير المقاومة المكافئة R_{eq} للموصلات الأومية الأربعة المركبة بين P و N بدلالة R .
2 - أكتب تعبير شدة التيار الكهربائي الممنوح من طرف المولد للدارة بدلالة R_{eq} ، r و E .
3 - أحسب المقاومة المكافئة R_{eq} واستنتج قيمة المقاومة R .

التمرين 3

نغذي مغللة كهربائية بتوتر القطاع قيمته الفعالة $U_{eff} = 230V$ ، تحتوي هذه المغللة على موصل أومي مقاومته $R = 120\Omega$.

1- ما هي أشكال الطاقة التي تحولت إليها الطاقة الممنوحة داخل المغللة ؟
2 - أحسب الطاقة الكهربائية المكتسبة من طرف المغللة عند اشتغالها مدة زمنية $\Delta t = 2min$. أحسب مردود المغللة

التمرين 4

نقيس ، بين مربطي عمود قوته الكهرومحرقة $E = 4,5V$ ، توتر $U = 3,8V$. شدة التيار الكهربائي الناتجة هي $I = 0,18A$. أحسب قيمة المقاومة الداخلية r للعمود وشدة التيار عندما تكون الدارة قصيرة .

التمرين 5

- لدينا محلل كهربائي قوته الكهرومحرقة المضادة $E' = 1,6V$ ومقاومته الداخلية $r' = 0,1\Omega$.
- 1 - نطبق بين مربطي المحلل توتر كهربائي $U_{AB} = 2,1V$. أحسب شدة التيار الكهربائي I_1 الذي يمر في المحلل .
 - 2 - نريد أن تأخذ شدة التيار الكهربائي القيمة $I_2 = 8A$.
 - 1 - 2 ما هو التوتر الذي يجب أن نطبقه للحصول على هذه الشدة ؟
 - 2 - 2 أحسب القدرة الكهربائية المكتسبة من طرف المحلل والقدرة الكهربائية المبذولة بمفعول جول .
 - 3 - 2 أستنتج مردود هذا التحول في المولد .
 - 3 - نريد أن يستهلك المحلل قدرة كهربائية تساوي $15,5W$ ما هو التوتر الكهربائي الذي يجب تطبيقه ؟

التمرين 6

- نعتبر مولدا كهربائيا قوته الكهرومحرقة $E = 15V$ ومقاومته الداخلية $r = 50,0\Omega$.
- 1 - أحسب شدة التيار الكهربائي الذي يمر في المولد ، علما أن التوتر بين مربطيه هو $U_{PN} = 10,0V$.
 - 2 - أحسب القدرة P_j المبذولة في المولد بمفعول جول .
 - 3 - أحسب القدرة الكلية للمولد .
 - 4 - أستنتج مردود المولد .

التمرين 7

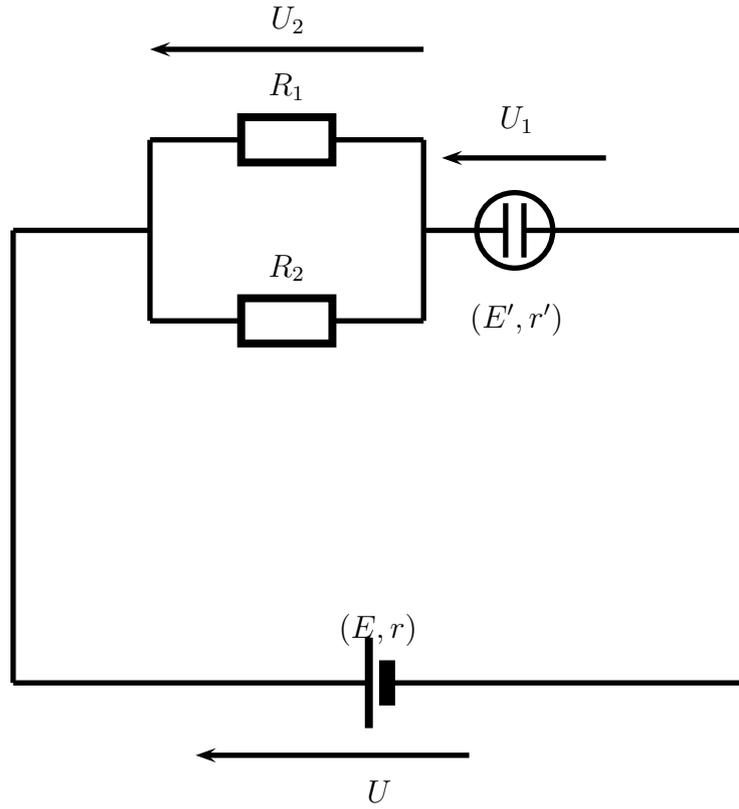
- نعتبر مولدا قوته الكهرومحرقة $E = 12V$ ومقاومته الداخلية $r = 50,0\Omega$ ، ركب بين قطبيه موصل أومي مقاومته R .
- 1 - ما هي القيمة التي يجب أن تأخذها R لكي يعطي المولد طاقة قصوى ؟
 - 2 - أحسب في هذه الحالة :
 - 1 - 2 شدة التيار الكهربائي I .
 - 2 - 2 القدرة المبذولة بمفعول جول P_j في المولد .
 - 3 - أحسب النسبة

$$\frac{P_j}{P_e}$$

، ماذا تستنتج ؟

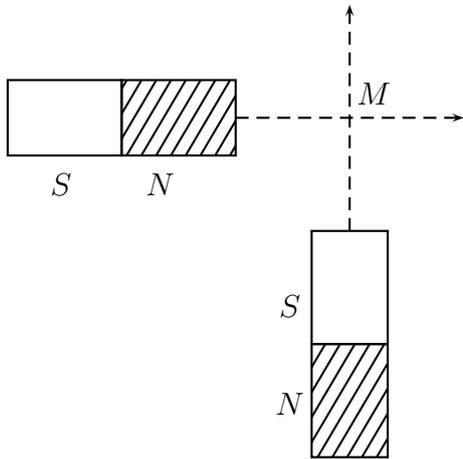
التمرين 8

- نعتبر الدارة الكهربائية التالية التي تحتوي على مولد قوته الكهرومحرقة $E = 12V$ ومقاومته الداخلية $r = 2\Omega$ ، يغذي محرك كهربائي قوته الكهرومحرقة المضادة $E' = 3V$ ومقاومته الداخلية $r' = 1,5\Omega$ مركب على التوالي مع موصلين أوميين مركبين على التوازي مقاومتهما هي $R_1 = 8\Omega$ و $R_2 = 12\Omega$. أحسب :
- 1 - المقاومة المكافئة ل R_1 و R_2 .
 - 2 - الشدة الرئيسية لتيار الكهربائي الذي يمر في الدارة .
 - 3 - القدرة الكهربائية التي يمنحها المولد للدارة .
 - 4 - القدرة الكهربائية المكتسبة من طرف المحرك
 - 5 - شدة التيار الكهربائي I_1 الذي يمر في R_1 و I_2 شدة التيار الكهربائي الذي يمر في R_2 .
 - 6 - القدرة الكلية المبذولة بمفعول جول في التركيب الكهربائي .



المغناطيسية

التمرين 1



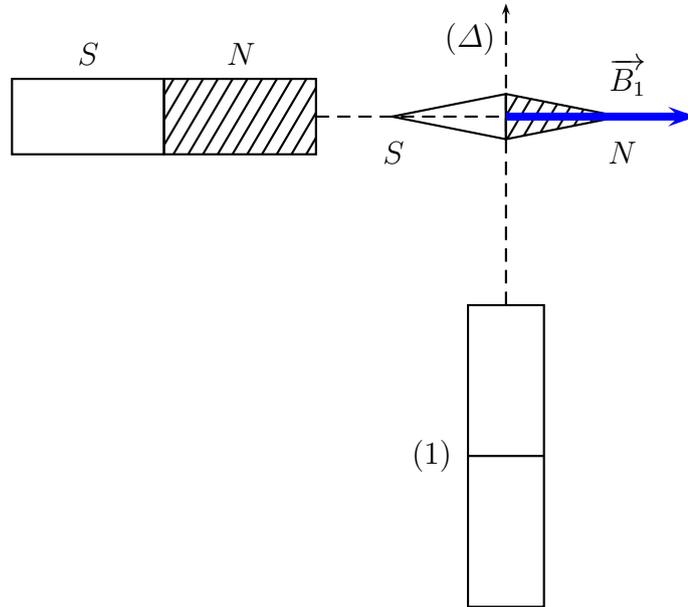
نضع مغناطيسين مستقيمين (1) و (2) على مستوى بحيث أن محوريهما متعامدان ويتقاطعان في النقطة M تبعد عن القطب الشمالي للمغناطيس (1) بالمسافة d وعن القطب الجنوبي للمغناطيس (2) بنفس المسافة d . أنظر الشكل . شدتا المجالين المغناطيسين \vec{B}_1 و \vec{B}_2 اللذان يحدثهما ، في النقطة M هما على التوالي : $B_1 = 20mT$ و $B_2 = 10mT$. أوجد مميزات متجهة المجال المغناطيسي \vec{B} الإجمالي في النقطة M . نهمل المجال المغناطيسي الأرضي .

التمرين 2

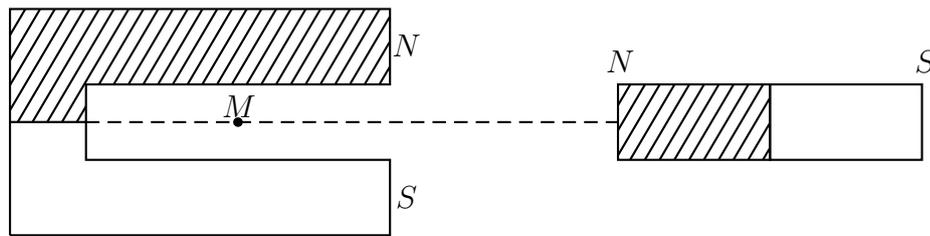
عند تقريب القطب الشمالي لمغناطيس بحيث يكون محوره في مستوى أفقي ومتعامد مع المركبة \vec{B}_H في نقطة حيث توجد إبرة ممغنطة بإمكانها الدوران في مستوى أفقي حول محور رأسي ثابت يمر من مركزها . تنحرف هذه الإبرة بحيث يكون اتجاهها زاوية $\alpha = 30^\circ$ مع \vec{B}_H . أحسب شدة متجهة المجال المغناطيسي المحدثة من طرف المغناطيس في هذه النقطة .
نعطي : $B_H = 2.10^{-5}T$

التمرين 3

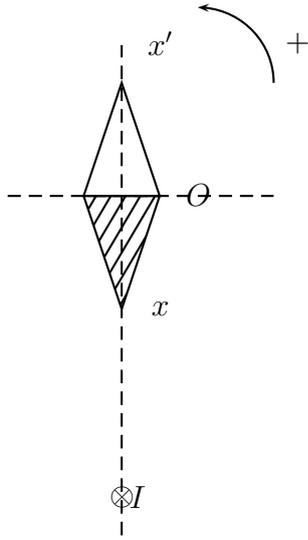
نهمل تأثير المركبة الأفقية للمجال المغنطيسي الأرضي .
 I - نضع إبرة ممغنطة ، حيث مركزها O يوجد على المحور الأفقي لمغنطيس مستقيمي (1) ، فنلاحظ أنها تتوجه على هذا المحور حسب متجهة المجال \vec{B}_1 شدتها $B_1 = 3,0mT$.
 عند تقريب المغنطيس المستقيمي (2) الموجود في نفس المستوى الأفقي الذي يضم المغنطيس (1) ، كما بين الشكل أسفله ، تنحرف الإبرة بزاوية $\alpha = 34^\circ$ في منحنى دوران عقارب الساعة .



- 1 - عين مميزات المتجهة \vec{B}_2 ، الممثلة للمجال المغنطيسي الذي يحدثه المغنطيس (2) في النقطة O ووضح قطبية المغنطيس (2) .
 - 2 - مثل على تبيانة واضحة متجهة المجال \vec{B}_2 باختيار السلم $1cm \leftrightarrow 1mT$ واحترام قيم الزوايا حسب المعطيات .
 - 3 - حدد مبيانيا قيمة المجال الكلي \vec{B} في النقطة O .
 - 4 - أجب على السؤال 3 باستعمال الطريقة الحسابية .
- II - نعتبر المغنطيسين الممثلين في الشكل 2 . في نقطة M المجال المغنطيسي المحدث من طرف المغنطيس المستقيمي شدته $B_1 = 3.10^{-3}T$ والمجال المغنطيسي المحدث من طرف المغنطيس على شكل U ، شدته $B_2 = 2.10^{-3}T$
- 1 - مثل على تبيانة متجهتي المجالين \vec{B}_1 و \vec{B}_2 في النقطة M باختيار السلم $1cm \leftrightarrow 1.10^{-3}T$
 - 2 - حدد بطريقة حسابية ، مميزات المجال المغنطيسي الكلي \vec{B} المحدث في النقطة M .



نعتبر إبرة ممغنطة مركزها O . في غياب التيار الكهربائي ، تتوجه حسب المحور $x'x$ ، اتجاه المركبة الأفقية \vec{B} للمجال المغنطيسي الأرضي (أنظر الشكل) نعطى $B_H = 20\mu T$



1 - تجربة 1

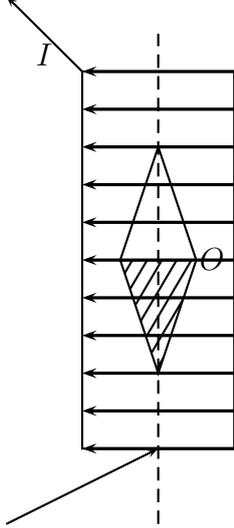
على بعد $r = 2,0cm$ من الإبرة الممغنطة نضع سلك موصل يمر فيه تيار كهربائي شدته $I = 7,46A$.

1 - 1 - مثل في النقطة O متجهة المجال المغنطيسي المحدث من طرف السلك الموصل . السلم $1cm \leftrightarrow 20\mu T$

2 - 1 - باعتمادك على الشكل الهندسي أوجد الزاوية θ ، زاوية دوران الإبرة حول مركزه O ومنحى الدوران .

2 - تجربة 2

نضع الإبرة الممغنطة داخل ملف لولبي طوله $L = 40cm$ وشعاعه $R = 2cm$ وعدد لفاته 300 ، يمر فيه تيار



2 - 1 - مثل في النقطة O متجهة المجال المغنطيسي المحدث من طرف الملف اللولبي بدون سلم

2 - 2 - أحسب قيمته $I =$

3 - 2 - كيف ستتوجه الإبرة عندما يمر في الملف اللولبي تيارا كهربائيا ؟

التمرين 5

نعتبر سلكا موصلا لا متناه في الطول ، متعامد مع الورقة ويتقاطع معها في النقطة O_1 . يمر في السلك تيار كهربائي شدته $I_1 = 10A$.

1 - أعط مميزات متجهة المجال المغنطيسي المحدث من طرف السلك في النقطة P تبعد عنه بمسافة

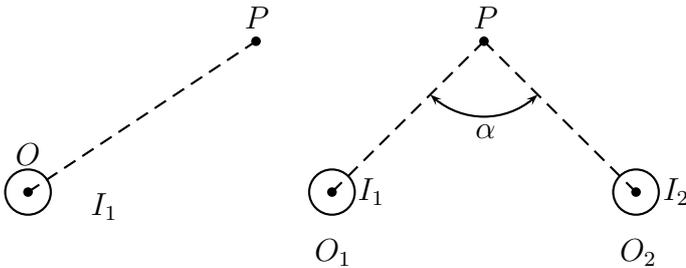
$O_1P = 10cm$ نعطى : $\mu_0 = 2\pi \cdot 10^{-7}(SI)$

2 - نعتبر الآن سلكين لا متناهيين في الطول ، متعامدين مع الورقة ويتقطعان معها في النقطة O_1

و O_2 ويمر فيهما تياران كهربائيان لهما نفس المنحى ونفس الشدة $I_1 = I_2 = 10A$ أوجد منظم متجهة

المجال المغنطيسي B المحدث من طرف السلكين في النقطة P بحيث $O_1P = O_2P = 10cm$ و $\alpha = 90^\circ$

3 - نعتبر النقطة P في هذه الحالة منتصف القطعة $[O_1, O_2]$ بحيث أن $O_1O_2 = 10cm$ أوجد متجهة المجال المغنطيسي المحدث من طرف السلكين في النقطة P .



التمرين 6

يتكون ملف لولبي من لفات متصلة أنجزت بواسطة سلك موصل مغلف بواسطة عازل طوله $L = 50\text{cm}$ وعدد لفاته $N = 100$.
 توجه الملف اللولبي بحيث يكون محوره في مستوى أفقي و عمودي على خط الزوال المغناطيسي أي المركبة الأفقية \vec{B} المغنطيسي الأرضي في مكان التجربة .
 نضع إبرة ممغنطة ، يمكنها الدوران حول محور رأسي ، بمركز الملف اللولبي .
 أحسب زاوية انحراف الإبرة الممغنطة عندما نمرر تيارا كهربائيا شدته $0,20\text{A}$ في الملف اللولبي .
 نعطي $B_H = 5.10^{-5}\text{T}$.

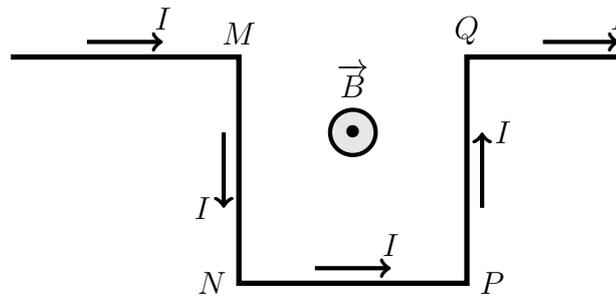
القوى الكهرومغناطيسية - قانون لبلاص

التمرين 7

يوجد سلك مستقيمي طوله $l = 30\text{cm}$ ، في مجال مغنطيسي منتظم ، بحيث يُكوّن مع متجهة المجال \vec{B} زاوية 30°
 علما أن شدة المجال المغنطيسي هي $B = 0,2\text{T}$ ، ما مميزات القوة المغنطيسية المطبقة على السلك عندما يمر فيه تيار كهربائي شدته 5A ؟

التمرين 8

يوجد سلك موصل ، ممثل في الشكل أسفله ، في مجال مغنطيسي منتظم ، عمودي على مستوى الشكل .
 بين أن مجموع متجهات القوى ، الممثلة للقوى التي يخضع لها السلك يساوي متجهة القوة الممثلة لتلك التي يخضع لها في حالة مرور مباشرة من النقطتين M و Q .



التمرين 9

ساق موصلة طولها $L = 30\text{cm}$ تتحرك فوق سكتين تفصل بينهما مسافة $d = 10\text{cm}$ ومتعامدتين مع الساق .
 نغمر الساق والسكتين في مجال مغنطيسي \vec{B} منتظم متعامد مع الساق .
 نمرر بهذه الأخيرة تيارا كهربائيا مستمرا شدته $I = 3\text{A}$ فتخضع الساق إلى قوة لبلاص شدتها $F = 10^{-3}\text{N}$.
 أوجد مميزات شدة المجال المغنطيسي .

البصريات

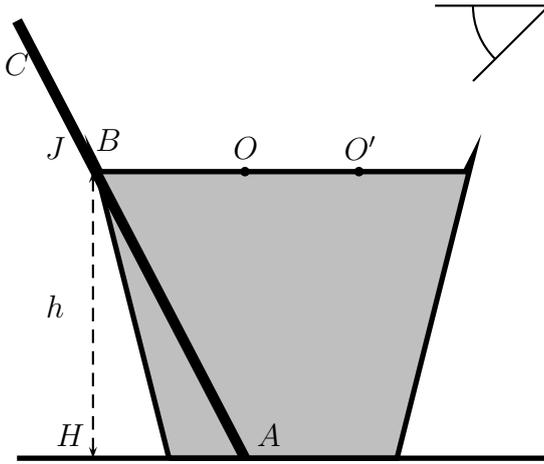
التمرين 1

ترد حزمة ضوئية دقيقة على السطح الأفقي لسائل . تكوّن هذه الحزمة زاوية 50° مع المستوى الأفقي .
علما أن زاوية الانحراف بين الحزمة الواردة والحزمة المنكسرة تساوي 17° ، أحسب معامل الانكسار للسائل .

التمرين 2

نضع عصا CA في إناء مملوء بالماء بحيث يكون الجزء المنعمر هو BA بينما الجزء الثاني يكون في الهواء .
معامل انكسار الماء $n = 1,4$. توجد عين المشاهد فوق الكأس (أنظر الشكل) فتظهر له العصا كأنها منكسرة على السطح الفاصل بين الهواء والماء .
نعطي : $h = 7\text{cm}$ و $BO = 4\text{cm}$ و $OO' = 2\text{cm}$.
يمكن اعتبار الطرف A للعصا شيء باعث للأشعة الضوئية نحو السطح الحر للماء .

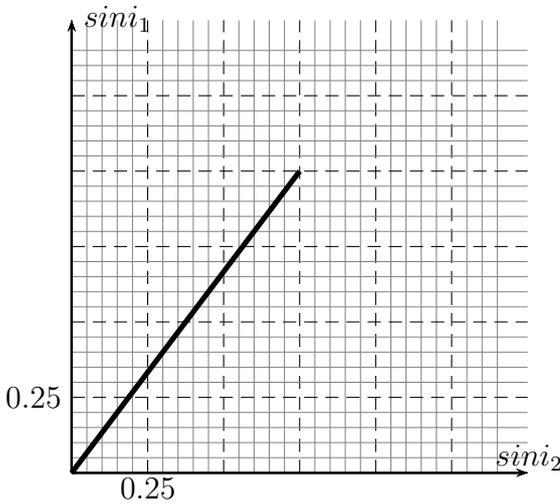
عين الملاحظ



- 1 - أنقل الشكل 1 على ورقتك باستعمال السلم $1\text{cm} \leftrightarrow 1\text{cm}$ ومثل الشعاع الوارد على السطح الكاسر في النقطة O
- 2 - أحسب زاوية الورود i عندما يرد الشعاع AO' على السطح الكاسر في نقطة الورود O' . واستنتج زاوية الانكسار الموافقة لهذا الورود .
- 3 - مثل الحزمة الضوئية المنبثقة في الهواء واستنتج أنها تظهر لعين الملاحظ وكأنها منبعثة من نقطة A' والتي يجب تحديد موضعها .
- 4 - استنتج من خلال هذه الدراسة مظهر العصا في الماء .

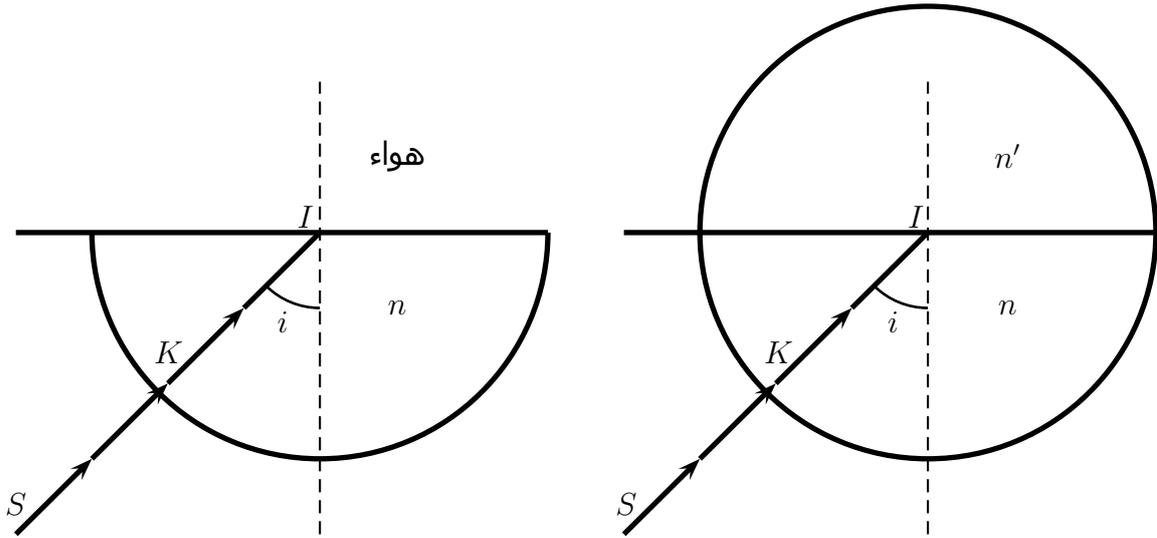
التمرين 3

- نرسل على السطح الفاصل بين الماء والهواء حزمة ضوئية دقيقة . يمثل المنحنى أسفله تغيرات $\sin i_1$ بدلالة $\sin i_2$ حيث i_1 زاوية الورود للشعاع الواردة و i_2 زاوية الانكسار للشعاع المنكسر .
- 1 - عين مبيانيا قيمة معامل الانكسار للماء واستنتج الوسط الأكثر انكسارية .
 - 2 - أحسب زاوية الانكسار الحدي بالنسبة للوسطين ماء - هواء .
 - 3 - نرسل الشعاع الضوئي من الماء بزاوية ورود $i = 60^\circ$. مثل معللا جوابك المسار المتبع من طرف هذا الشعاع عند وروده على السطح الكاسر



التمرين 4

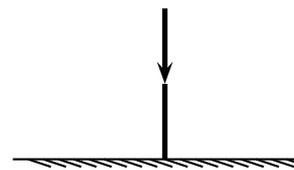
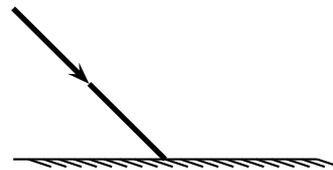
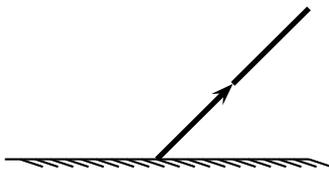
- I - نعتبر التركيب المبين في الشكل جانبه حيث يرد شعاع ضوئي على نصف أسطوانة من البليكسيكلاص معامل انكسارها $n = 1,5$.
- 1 - اشرح لماذا لا يحدث انكسار الشعاع الضوئي عند النقطة K.
 - 2 - يكون الشعاع الوارد زاوية $i = 30^\circ$ مع المنظمي على السطح الكاسر ، أحسب قيمة زاوية الانكسار .
 - 3 - عندما يصير الشعاع المنكسر مماسا للسطح الكاسر (زجاج - هواء) تأخذ زاوية الورود قيمة حدية i_l . أحسب i_l
 - 4 - ماذا يحدث إذا كانت زاوية الورود $i = 60^\circ$.
- II - نضيف إلى نصف الأسطوانة السابقة ، نصف أسطوانة أخرى معامل انكسارها $n' = 1,33$.
- 1 - حدد القيمة الجديدة لزاوية الانكسار الحدي .
 - 2 - ماذا يحدث إذا كانت زاوية الورود $i = 60^\circ$



المرآة المستوية

التمرين 5

أتمم مسارات الأشعة التالية :



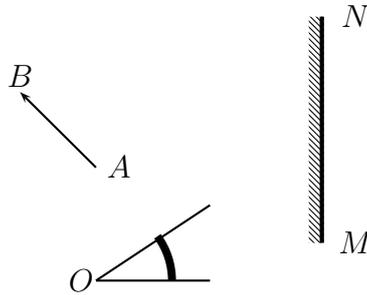
التمرين 6

حدد مبيانيا موضع وأبعاد الصورة $A'B'$ المحصل عليها بواسطة مرآة مستوية لشيء AB طوله 40cm في الحالات التالية :



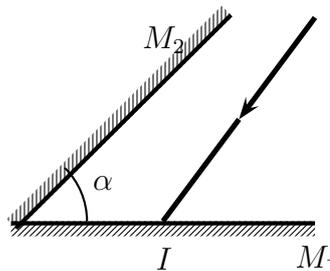
التمرين 7

1 - حدد مبيانيا موضع وأبعاد الصورة $A'B'$ المحصل عليها بواسطة مرآة مستوية MN لشيء AB طوله 1cm بالنسبة للملاحظ O
 2 - هل الصورة $A'B'$ تتعلق بموضع الملاحظ O ؟ علل الجواب .



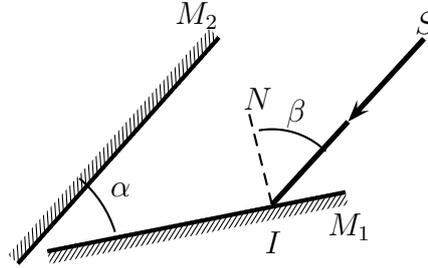
التمرين 8

مرآتان مستويتان M_1 و M_2 توجد بينهما زاوية $\alpha = 65^\circ$. يرد شعاع ضوئي SI مكونا زاوية $i_1 = 40^\circ$ مع المنظمي على M_1 . عند انعكاسه يرد على المرآة M_2 . أحسب الزاوية r_2 التي سينعكس بها في المرة الثانية



التمرين 9

نعتبر مرأتين مستويتين M_1 و M_2 موضعتين رأسيًا وتكونان بينهما زاوية $\alpha = 45^\circ$. يرد شعاع ضوئي SI على المرآة M_1 بحيث يكون زاوية β مع المنظمي على المرآة M_1 . أحسب زاوية انحراف الشعاع المنعكس بعد الانعكاس الثاني بالنسبة للشعاع الوارد SI .



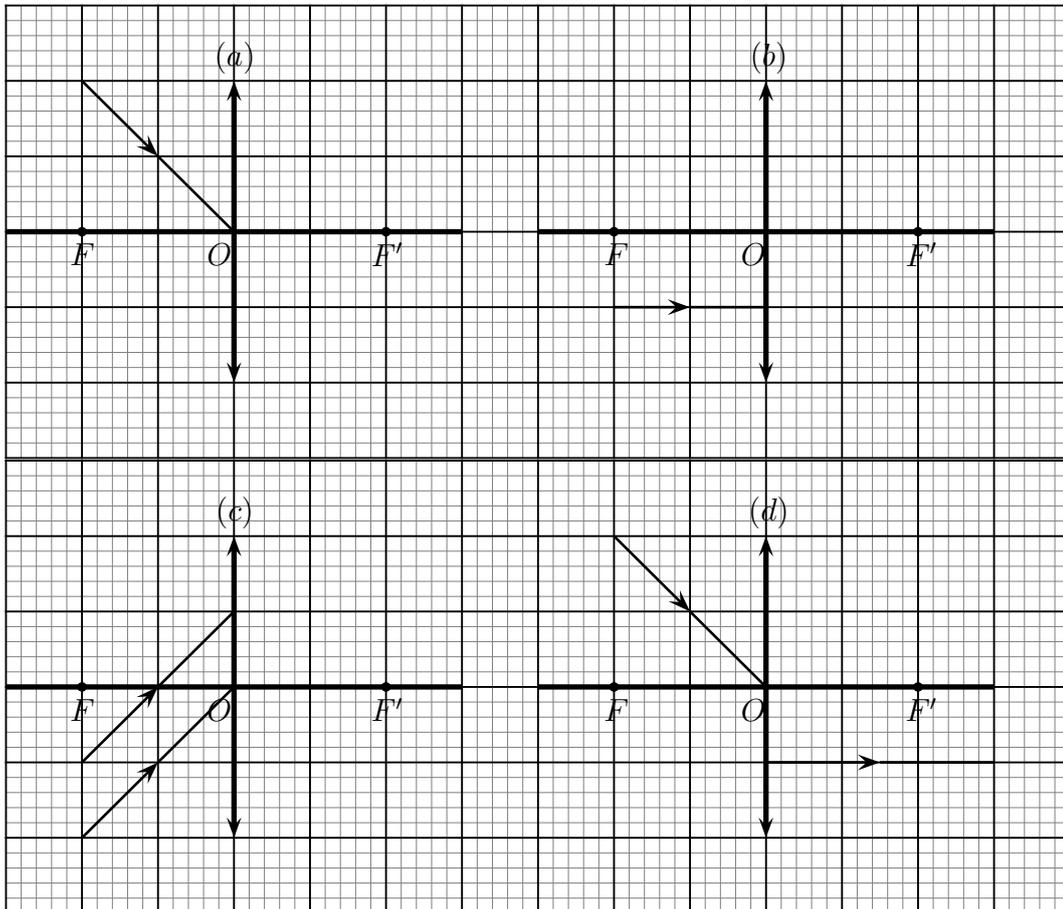
الصورة المحصل عليها بواسطة عدسة مجمعة

التمرين 10

أحسب بالسنتيمتر المسافة البؤرية لعدسة رقيقة مجمعة (L_1) قوتها $5,0\delta$. نعتبر عدسة رقيقة مجمعة (L_2) ذات مسافة بؤرية $5,0\text{cm}$. أي من العدستين، (L_1) أم (L_2) لها قدرة أكبر على تجميع الأشعة الضوئية؟ علل جوابك.

التمرين 11

أنقل الأشكال التالية على دفترك وأتمم رسم مختلف الأشعة الضوئية:



التمرين 12

- تعطي عدسة مجمعة وضعت فوق نضد بصري لشيء AB متعامد مع محورها البصري في النقطة A صورة $A'B'$ مقلوبة ولها نفس طول الشيء $AB = 5cm$.
- المسافة الفاصلة بين النقطتين A و A' تساوي $40cm$.
- 1 - أنجز الإنشاء الهندسي بالسلم $1/5$ وحدد موضع مركز العدسة وبؤرتيها F و f' .
 - 2 - استنتج المسافة البؤرية .
 - 3 - أحسب تكبير العدسة .
 - 4 - ما هي العلاقة بين AA' و f' عندما يكون طول الشيء يساوي طول الصورة ؟
- استنتج طريقة تجريبية لتحديد المسافة البؤرية لعدسة مجمعة (طريقة سيلبرمان)

التمرين 13

- تعطي عدسة مجمعة (L) صورة معتدلة بالنسبة للشيء AB .
- الشيء AB متعامد مع المحور البصري في النقطة A . وطول الصورة يساوي ثلاثة أضعاف طول الشيء .
- نعطي $\overline{A'B'} = 3cm$ ، $\overline{AB} = 1cm$ ، $\overline{A'F'} = 9cm$
- 1 - ضع الصورة $A'B'$ وبين على المحور البؤرة الصورة F' ، استعمل السلم الحقيقي .
 - 2 - بالاعتماد على أشعة خاصة ، حدد موضع العدسة ثم استنتج المسافة البؤرية f' للعدسة .
 - 3 - حدد هندسيا موضع الشيء AB .

التمرين 14

- موشور من زجاج على شكل مثلث قائم الزاوية في النقطة C متساوي الساقين ، يستقبل على الوجه AB شعاعا ضوئيا بعد انعكاسه على مرآة رأسية . الشعاع SI متوازي مع الوجه AB ويكون زاوية 45° مع المرآة . يوجدان الوجهان AB و BC في الهواء بينما يوجد الوجه AC في الماء .
- 1 - مثل المسار المتبع من طرف الشعاع SI .
 - 2 - أحسب الزاوية التي يكونها اتجاه SI مع اتجاه الشعاع المنكسر في الماء . نعطي معامل الانكسار الزجاج $n_1 = 1,50$ ومعامل انكسار الماء $n_2 = 1,33$.

