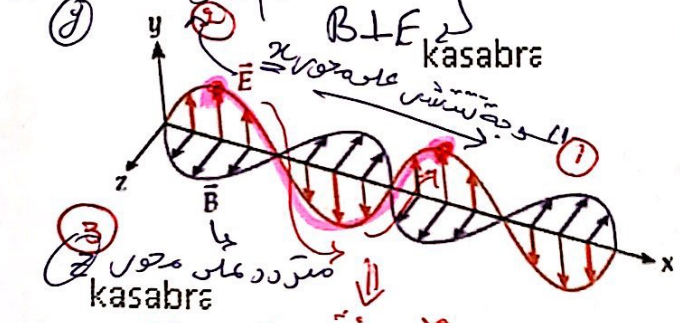
الأمواج الكهرومغناطيسية

تتكون من مجالين كهربائي ومغناطيسي متعامدين ويعامدان اتجاه انتشار الموجة .

المجالان الكهربائي والمغناطيسي مترددان أي أنهما :

يتغيران مقداراً واتجاهاً كدالة جيبية مع الزمن .



$E = cB$

c : سرعة الضوء . حيث : $c = 3.0\times10^{8}\ m/s$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$$

جميع الموجات الكهرومغناطيسية تنتشر في الفراغ بنفس السرعة وهي سرعة الضوء c

تختلف الموجات الكهرومغناطيسية عن بعضها في الطول الموجي (λ) والتردد (f) :

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

الطيف الكهرومغناطيسي

1) أمواج الراديو : (الأكبر طول موجي والأقل تردد وطاقة) . تستخدم في الاتصالات وعلم الفلك .

2) أمواج الميكروويف . تستخدم في أفران الميكروويف وارسال الرسائل الهاتفية من ابراج التقوية والاقمار الصناعية .

3) أشعة تحت الحمراء . تستخدم في أجهزة التحكم عن بعد كما في التلفزيون وغيره .

4) الضوء المرئي .(أقلها طول موجي البنفسجي , أكبرها طول موجي الأحمر) .

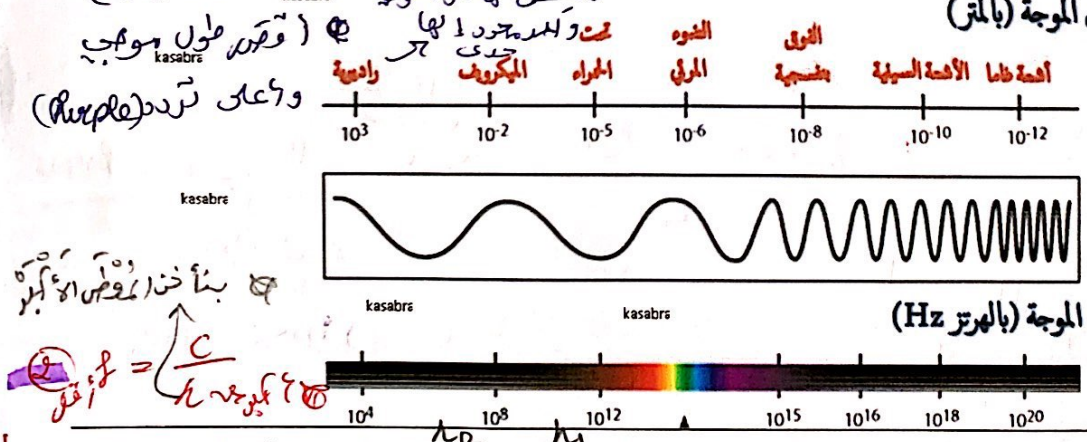
أطواله الموجية تتراوح بين ($700nm - 400nm$) , ذروة استجابة العين يكون عند الضوء الأخضر ($550nm$)

5) الأشعة فوق البنفسجية . تستخدم في تعقيم الأدوات في المستشفيات

6) الأشعة السينية : تستخدم في التصوير الطبي وفي تحديد التركيب الجزيئي للمواد البلورية لأن طولها الموجي نفس المسافات بين الذرات .

7) أشعة جاما . (الأقل طول موجي والأكبر تردد وطاقة) .

تنبعث من الانحلال الاشعاعي للنواة وتستخدم في الطب لتدمير الخلايا السرطانية .



س1) يتراوح نطاق الطول الموجي للضوء المرئي في الهواء بين ($400nm$) و ($700nm$) , احسب نطاق التردد .

$$f_1 = \frac{c}{\lambda} \quad \leftarrow \quad f = \frac{3\times10^{8}}{(400\times10^{-9})} = 7.5\times10^{14}\ Hz$$

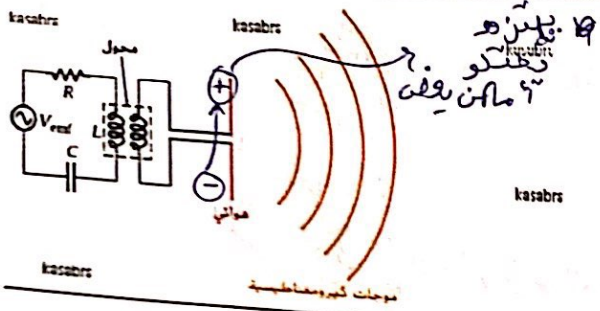
$$f_2 = \frac{3\times10^{8}}{700\times10^{-9}} = 4.29\times10^{14}\ Hz$$

بين $7.5\times10^{14}\ Hz$ و $4.29\times10^{14}\ Hz$

almanahj.com/ae

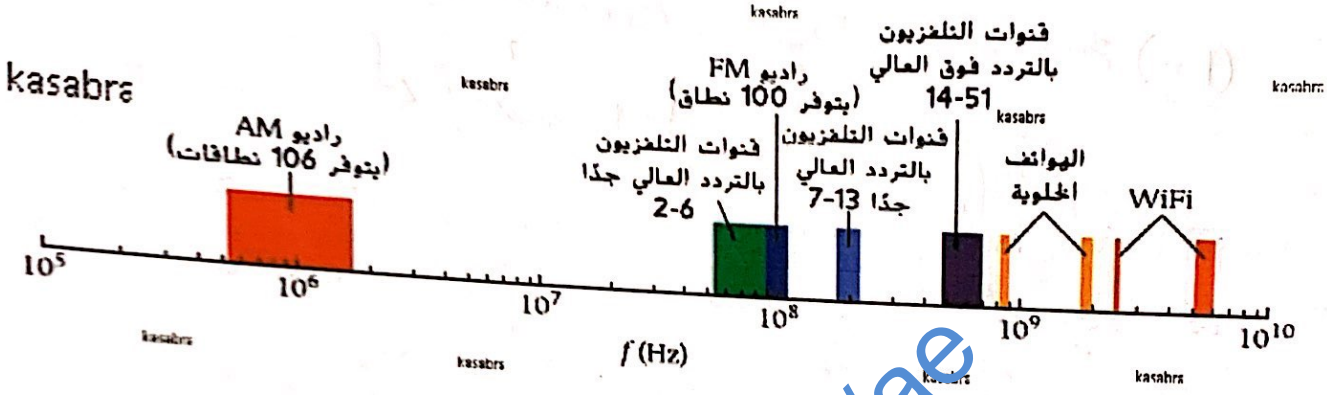
Scanned with CamScanner

دائرة توليد موجات الراديو



- الجهد المتردد في المحث يسبب اهتزاز الشحنات في الهوائي .
- الشحنات المهتزة (المتسارعة) في الهوائي تولد الأمواج الكهرومغناطيسية التي تنتشر في الفراغ بسرعة c .

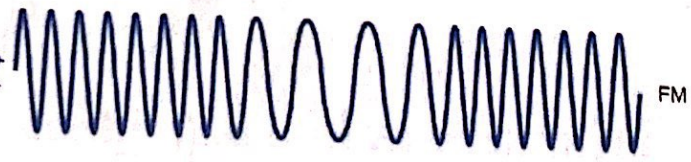
نطاقات تردد البث الإذاعي والتلفازي والاتصالات



الإشارة الحاملة : موجة جيبية بتردد يساوي تردد محطة الإذاعة .

أنواع بث الراديو

1) بث AM : يعني تعديل السعة , يتعرض للتشويش بشكل كبير , مناسب للمسافات البعيدة جداً
2) بث FM : يعني تعديل التردد , يتعرض لتشويش أقل , مناسب للمسافات القصيرة داخل المدن .



مستقبلات راديو FM

تستخدم دائرة فوستر – سيلي لفك تعديل إشارة FM

دائرة فوستر – سيلي هي دائرة محث ومكثف ومقاومة ترددها يساوي تردد الإشارة الحاملة .

س2) هوائي هاتف خلوي عبارة عن ساق مستقيم بطول (8.0 cm) , احسب تردد الإشارة من هذا الهاتف إذا كان طول الهوائي يساوي ($\frac{1}{4}$) الطول الموجي للإشارة .

$L_{هوائي} = \frac{1}{4}\lambda_{موجي}$

$\lambda_{موجي} = 4 L_{هوائي}$

① $0.08 = \frac{1}{4}\lambda \Rightarrow \lambda = 0.32$

② $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times10^8}{0.32} = 9.38\times10^8\ Hz$

almanahj.com/ae

Scanned with CamScanner

kasabr

f ⇒ عدد الموجات في الثانية الواحدة (الاهتزازات)

$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$ لازم دائرة رنين

* في توليد أو استقبال موجات كهرومغناطيسية

سرعة الضوء 3×10^8

① $S = \frac{P}{A}$ ← W / m^2 ← مترجم وبتتينج

② $S = \frac{EB}{\mu_0}$

③ $E = CB$

④ $S = \frac{CB^2}{\mu_0}$

⑤ $S = \frac{E^2}{C\mu_0}$

قوانين الـ S

⑥ $S_{avg} = I$

① $I \neq S_m$ ② $I \neq S$ خطأ

① $I = \frac{P_{avg}}{A}$ ← شدة الموجة *

② $I = \frac{E_{rms} B_{rms}}{\mu_0}$ ← إجتة من

$S_{avg} = \frac{E_{rms} B_{rms}}{\mu_0}$

" يدل عليه "

$rms = avg$

* نفس قوانين الـ S بس مع " rms "

almanahj.com/ae

Scanned with CamScanner

س3) دائرة محث ومكثف ومقاوم في حالة رنين تستخدم لإنتاج موجة راديو طولها الموجي $(150\,m)$, إذا كانت الدائرة تحتوي على مكثف سعته $(2.0\,pF)$:

1) احسب معامل الحث الذاتي للملف .

$\lambda = 150\,m \quad C = 2\times10^{-12}\,F \quad L = ??$

$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\cdot C}}$ ①

$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times10^8}{150} = 2\times10^6\,Hz$ ②

$2\times10^6 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\cdot 2\times10^{-12}}} \Rightarrow 3.16\times10^{-3}\,H$ ③

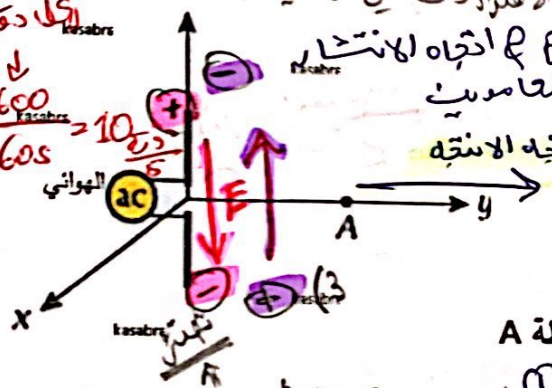
2) إذا كانت القيمة العظمى للمجال المغناطيسي $(5.0\times10^{-3}\,T)$ فاحسب القيمة الفعالة للمجال الكهربائي .

$E = c\cdot B$ ①

$B_{rms} = \frac{B_{max}}{\sqrt{2}} \Rightarrow \frac{5\times10^{-3}}{\sqrt{2}} = 3.53\times10^{-3}$ ②

$E_{rms} = 3\times10^8 \cdot (3.53\times10^{-3}) = 1.06\times10^6$ ③

س4) الشكل المجاور يمثل هوائي ثنائي القطب تتذبذب شحناته بمعدل (8.0×10^6) دورة/ثانية ويتولد نتيجة ذلك موجات كهرومغناطيسية مستقطبة تنتشر باتجاه محور (Y) :



1) احسب الطول الموجي للموجات الناتجة .

$f = \frac{c}{\lambda}$ ①

$8\times10^6 = \frac{3\times10^8}{\lambda} \Rightarrow \lambda = 37.5$ ②

2) احسب الزمن الدوري .

$8\times10^6 = \frac{1}{T} \Rightarrow 1.25\times10^{-7}\,s \quad (f = 1/T)$

3) ما الاتجاهات المحتملة للمجالين الكهربائي والمغناطيسي عند النقطة A

المجال الكهربائي على محور z : $+z$

المجال المغناطيسي على محور x : $+x$

متجه بوينتنج (Poynting) :

$\vec{S} = \frac{1}{\mu_o}\vec{E}\times\vec{B}$

بما أن المجالين متعامدان :

مقدار متجه بوينتنج $S = \frac{EB}{\mu_o}$ ①

$E = cB$

مقدار متجه بوينتنج : $S = \frac{E^2}{c\cdot\mu_o} = \frac{cB^2}{\mu_o} \Rightarrow E = cB$ ②

هو القدرة اللحظية لكل وحدة مساحة .

$S = \frac{P}{A} \Rightarrow \frac{W}{m^2}$ وحدة

شدة الموجة الكهرومغناطيسية I :

هي متوسط القدرة التي تحملها الموجة لكل وحدة مساحة .

$I = S_{ave}$

$I = \frac{P_{ave}}{A} = \frac{E_{rms}^2}{c\mu_o}$

$S_{ave} = \frac{E_{rms}^2}{c\mu_o}$ ← متوسط متجه بوينتنج

P : القدرة

A : المساحة

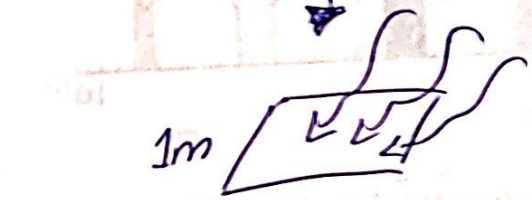
وحدة S و I : W/m^2

almanahj.com/ae

Scanned with CamScanner

① أي موجات كهرومغناطيسية
② تحمل طاقة إشعاعية

★ معدل الطاقة الساقطة على (المتر) (P)
★ المقدرة الساقطة على وحدة (1m²) مساحة
رمزه "S" (متجه بوينتنج) يسمى



II $S = \frac{E^2}{C \cdot \mu_0} = \frac{CB^2}{\mu_0} = \frac{EB}{\mu_0}$

① ② ③

* المشروح

I شدة الإشعاع $I = \frac{E^2_{rms}}{C\mu_0}$ ← نفس قوانين Savg ⇒ ⇒ Erms

نفس Savg — شدة الموجة

شدة الإشعاع = نفس I = S

$S = I = \frac{P}{A} = \frac{E^2_{rms}}{C\mu_0} = \frac{CB^2_{rms}}{\mu_0}$ وحدة $\frac{W}{m^2}$

متجه بوينتنج

almanahj.com/ae

Scanned with CamScanner

س5) قاس شخص المجال المغناطيسي المتردد لموجة كهرومغناطيسية فوجد أن القيمة القصوى له $(1.0mT)$

1) احسب القيمة القصوى للمجال الكهربائي .

$E_{max} = c \times B_{max}$

$E_{max} = (3\times10^{8})(1\times10^{-3}) = 3\times10^{5}\ V/m$

2) احسب القيمة القصوى لمتجه بوينتنج .

$S_{max} = \frac{E_{max}^2}{c\mu_0} = \frac{(3\times10^{5})^2}{3\times10^{8}\cdot 4\pi\cdot10^{-7}} = 2.39\times10^{8}\ W/m^2$

3) احسب شدة هذه الموجة .

$B_{rms} = \frac{1\times10^{-3}}{\sqrt{2}} = 7.07\times10^{-4}$

$I = \frac{B_{rms}^2}{\mu_0} = \frac{(7.07\times10^{-4})^2}{4\pi\cdot10^{-7}} = 1.19\times10^{8}\ W/m^2$

س6) شدة الإشعاع الكهرومغناطيسي الصادر عن الشمس يصل الأرض بمقدار $(1.2\times10^{3}\ W/m^2)$ ، أجب عما يلي :

1) احسب أقصى قيمة للمجال المغناطيسي للإشعاع الشمسي عند الأرض .

$I = \frac{B_{rms}^2}{\mu_0}$

$1.2\times10^{3} = \frac{(B_{rms})^2}{4\pi\cdot10^{-7}}$

$B_{rms} = 2.24\times10^{-6}\ T$

$B_m = 3.17\times10^{-6}$

2) إذا سقط الإشعاع الشمسي على سقف أبعاده $(20m, 10m)$ فاحسب القدرة الكلية الساقطة على السقف .

$I = \frac{P_{avg}}{A}$

$3.17\times10^{-6} = \frac{P}{300}$

$P = 3.6\times10^{-3}\ W$

س7) لوح شمسي أبعاده $(1.4m, 0.9m)$ يحول الإشعاع الشمسي إلى طاقة كهربائية بكفاءة (18%) ، إذا كانت القيمة العظمى للمجال الكهربائي في الإشعاع الشمسي الساقط على اللوح $(673V/m)$ فاحسب معدل الطاقة الكهربائية التي ينتجها اللوح الشمسي .

$A = 1.26m$

$E_{rms} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 475.9\ V/m$

$I = \frac{E_{rms}^2}{c\mu_0} = 601\ W/m^2$

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

$601 = \frac{P}{1.26}$

$P = 757.26$

$0.18 \times 601 = \frac{P}{1.26\times0.9}$

$P = 136.3068$

س8) كشاف قدرته $(300W)$ ، إذا كان (40%) من الضوء الصادر عنه يتركز داخل منطقة دائرية قطرها $(2.0m)$ ، احسب القيمة الفعالة للمجال الكهربائي في المنطقة المضاءة .

$d = 2m$

$I = \frac{P_{avg}}{A} = \frac{300}{\pi(1)^2} = 95.49\ W/m^2$

$I = \frac{E_{rms}^2}{c\mu_0}$

$95.49 = \frac{E_{rms}^2}{3\times10^{8}\times4\pi\times10^{-7}}$

$E_{rms} = 120\ V/m$

almanahj.com/ae

Scanned with CamScanner

موجات وصف تشعها

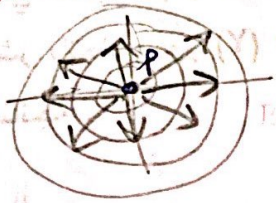
* $I = \frac{P}{A}$ شدة الموجة = متوسط القدرة / المساحة

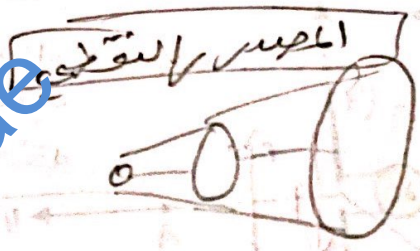
* كل ما يتباعد شدة الضوء تقل لأن المساحة تزيد

* إذا كانت الموجة مصباح أو مصدر نقطي

* الطاقة تتوزع على الموجة تقل الشدة

1





① مساحة الكرة $A = 4\pi r^2$ ← البعد عن المصدر

② $I = \frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow A = \frac{P}{I}$

• المصدر النقطي يشع بقطر

2 شعاع الليزر

((لا ينتشر مثل الضوء))

① $A = \pi r^2$

② $I = \frac{P}{\pi r^2}$ ← نصف قطر شعاع الليزر

almanahj.com/ae

Scanned with CamScanner

س9) يصدر مصدر ضوئي نقطي أحادي اللون أمواج كهرومغناطيسية بقدرة (1.5W) في جميع الاتجاهات :

1) احسب شدة الموجة (متوسط مقدار متجه بوينتنج) عند نقطة تبعد $(0.3m)$ عن المصدر .

$$S_{avg} = I = \frac{P}{A} = \frac{1.5}{4\pi(0.3)^2} = 1.326\ W/m^2$$

(مصدر ضوئي نقطي) (متوسط مقدار متجه بوينتنج) (شدة الموجة)

* إذا طلبو القدرة ومش محددين يكون المتوسط

2) احسب القيمة الفعالة للمجال الكهربائي للموجة عند نقطة تبعد $(1.0m)$ عن المصدر .

$$I = \frac{P}{A} = \frac{1.5}{4\pi(1)^2} = 0.1193$$

$$S_{avg} = I = \frac{E_{rms}^2}{c\cdot\mu_0} \Rightarrow 0.1193 = \frac{E^2}{3\times10^8\times4\pi\times10^{-7}} \Rightarrow E = 6.708\ V/m$$

$\mu_0 \to T\cdot m/A$

س10) يستخدم ليزر ثاني أكسيد الكربون بقدرة $(3.0KW)$ في اللحام بالليزر , إذا كان قطر الشعاع يبلغ $(2.0mm)$

$P = 3\times10^3$, $r = 1\times10^{-3}$

1) احسب شدة شعاع الليزر .

$I \to$ شدة الشعاع : البعد r : البيرد : صوريشف قطر الشعاع

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

$$I = \frac{3\times10^3}{\pi(1\times10^{-3})^2} = 9.54\times10^8\ W/m^2$$

2) احسب القيمة العظمى للمجال الكهربائي في الشعاع .

$$I = \frac{E_{rms}^2}{c\mu_0}$$

$$E_{rms} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \Rightarrow 6\times10^5 = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 8.48\times10^3\ V/m$$

$$I = \frac{E_{rms}^2}{3\times10^8\times4\pi\times10^{-7}} = 6\times10^5\ W/m^2$$

3) احسب القيمة الفعالة للمجال المغناطيسي في شعاع الليزر .

$$E_{rms} = cB_{rms}$$

$$B_{rms} = 2\times10^{-3}\ T$$

(مصدر نقطي)

س11) على مسافة $(2.25m)$ من مصباح كهربائي تبلغ القيمة العظمى للمجال كهربائي للإشعاع الصادر عن المصباح $(21.2V/m)$ احسب قدرة المصباح

$$I = \frac{E_{rms}^2}{c\mu_0} \Rightarrow \frac{(14.9)^2}{3\times10^8\times4\pi\times10^{-7}} = 0.596$$

$$I = \frac{P}{A} \Rightarrow 0.596 = \frac{P}{4\pi(2.25)^2} \Rightarrow P = 37.92$$

$P \sim 38W$

$$E_{rms} = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

$$E_{rms} = \frac{21.2}{\sqrt{2}}$$

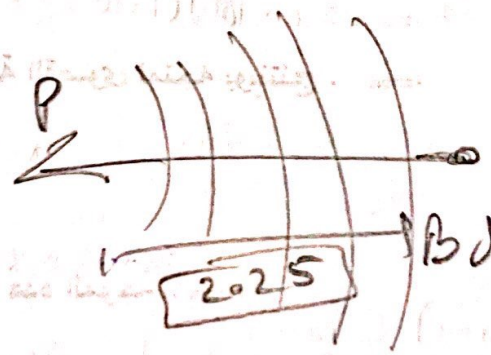
$E_{rms} = 14.9$

$A = 4\pi r^2$

طاقة الموجات الكهرومغناطيسية

almanahj.com/ae
Scanned with CamScanner

س ١١



① كلما زاد r ⇐ I ⇓

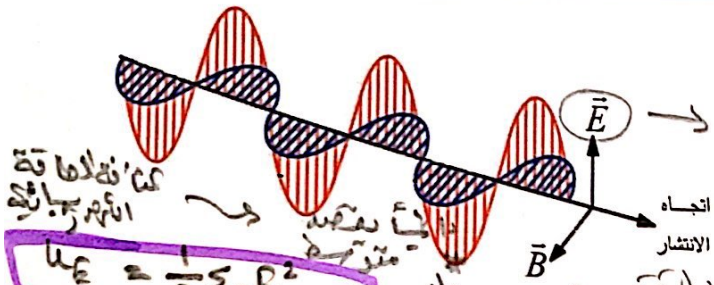
② كلما يقل E أي يقل B

$$I = \frac{E^2}{c\mu_0} = \frac{cB^2}{\mu_0} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

almanahj.com/ae

Scanned with CamScanner

الموجات الكهرومغناطيسية أثناء انتشارها تحمل معها طاقة .



كثافة الطاقة في المجال الكهربائي:

$$u_E = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$$

كثافة الطاقة في المجال المغناطيسي :

$$u_B = \frac{1}{2\mu_o} B^2$$

$$u_E = u_B$$

$\varepsilon_0 = 8.85\times10^{-12}\ C^2/N.m^2$

س12) موجة كهرومغناطيسية سعة مجالها الكهربائي $(100\,V/m)$ **والمطلوب :**

1) احسب **متوسط قيمة متجه بوينتنج** .(شدة الموجة).

2) احسب متوسط كثافة الطاقة لهذه الموجة بوحدة (J/m^3) .

3) احسب القيمة العظمى للمجال المغناطيسي.

س13) مؤشر ليزر قدرته $(5.0\times10^{-3}W)$ **يبلغ قطر شعاعه** $(2.0mm)$ **:**

1) احسب القيمة الفعالة للمجال الكهربائي لشعاع الليزر .

2) احسب متوسط كثافة الطاقة في شعاع الليزر .

3) احسب الطاقة الكهرومغناطيسية الكلية في (2.0 m) من شعاع الليزر .

انتهت المادة

almanahj.com/ae

Scanned with CamScanner