



الجمهورية العربية السورية

هيئة التميز والابداع

المركز الوطني للمتميزين

حلقة بحث في مادة الفيزياء بعنوان:

طرق التخفي

بإشراف المدرس عبد الرحمن الهاشم

تقدمة الطالبة بشرى إياد اليونس

من الصف الثالث الثانوي

للعام الدراسي 2016 - 2017

## المقامة

عندما تأخر - كطلاب - عن الحصة الدراسية نودّ الاختفاء عن الأنظار والظهور فجأة داخل الصفّ مبتعدين عن توبيخات المدرّس ونظرات الطلاب المخرجة، هي أفكار رافقتنا وكبرت معنا منذ الصغر فكنا نشاهدها في حلقات برامج الأطفال مثل "السنافر" أو "Tom and Jerry" أو أفلام الخيال مثل "Harry Potter" و" The Avengers" ...

فهل من الممكن حقاً الاختفاء عن الأنظار؟

وإذا كان هذا ممكناً فهل يبقى الجسم المتخفي مكانه أم يذهب إلى مكان ما آخر مما يسبب الامتناع عن رؤيته ؟؟

وفي سياق الحديث .. هل الاختفاء يشمل البشر وجميع الأحياء أيضاً أم هو مقتصرٌ على الأشياء فقط ؟؟

## إشكالية البحث

➤ كيف تتم عملية الاختفاء؟

➤ ما أكبر حجم للأشياء التي يمكن إخفاؤها؟

➤ هل يؤثر الاختفاء على البشر؟

# الفهرس

2020

الصفحة	العنوان
1	مقدمة
1	إشكالية البحث
2	الفهرس
3	فهرس الصور
4	الحقول الكهرطيسية
4	الحقل الكهرطيسي وخصائص أمواجه
9	استقطاب الأشعة الكهرطيسية
10	الاختفاء
10	معناه العام
12	الاختفاء عن الرادارات
13	الاختفاء باستخدام مادة <i>Metamaterial</i>
14	توظيف الاستقطاب في الاختفاء
15	النتائج والمقترحات
16	الخاتمة
17	المراجع

# فهرس الصور

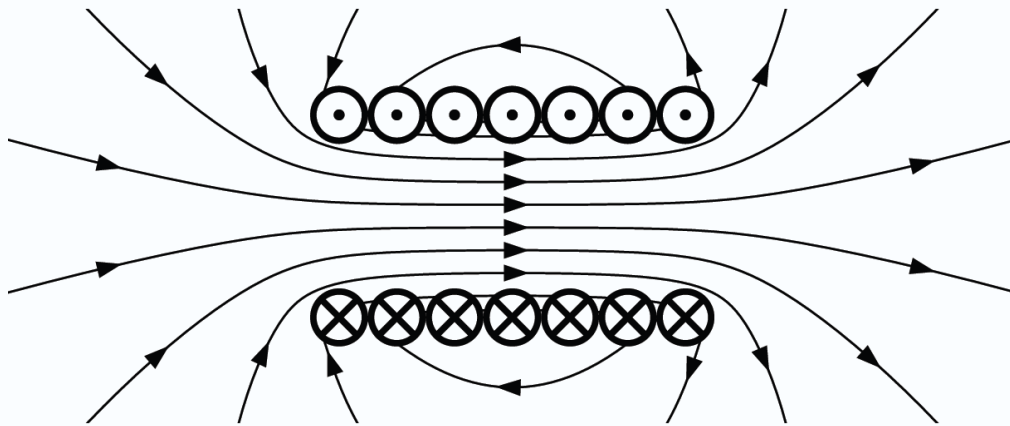
الصفحة 1

الصفحة	الاسم	الرقم
4	مثيل للمجال الكهرطيسي في وشيعة	1
5	حقل النحررض المغناطيسي	2
6	تعامد المجالين الكهرطائي والمغناطيسي	3
7	أنواع الأشعة الكهرطيسية	4
8	تفاوت الأطوال الموجية للأشعة المرئية	5
9	استقطاب الأشعة	6
9	أشكال الاستقطاب	7
10	مثال للاختفاء عن الأشعة الضوئية	8
11	اختفاء الجسم باستخدام العدسات	9
11	آلية عمل العدسات	10
12	الاختفاء عن الرادارات وبشرة الأشعة	11
14	عنقلة البلورات الحركية الأمواج	12

# الحقل الكهربائي

## الحقل الكهرومغناطيسي وخصائص أمواجه:

المجال المغناطيسي أو الحقل المغناطيسي ويسمى أحياناً الحث المغناطيسي **Magnetic Field**، هي قوة مغناطيسية تنشأ في الحيز المحيط بالجسم المغناطيسي الذي يمر به تيار كهربائي، بتعبير أبسط يمكن وصفها بالمنطقة المحيطة بالمغناطيس ويظهر فيها أثره (على مواد معينة)، فإذا وضعت إبرة بوصلة في مجال مغناطيسي ذو قوة ما فإنها توجه نفسها في اتجاه معين في كل جزء من المجال والخطوط المرسومة في اتجاه الإبرة عند النقط المختلفة تحدد الوضع العام لخطوط هذه القوة المغناطيسية في المجال.

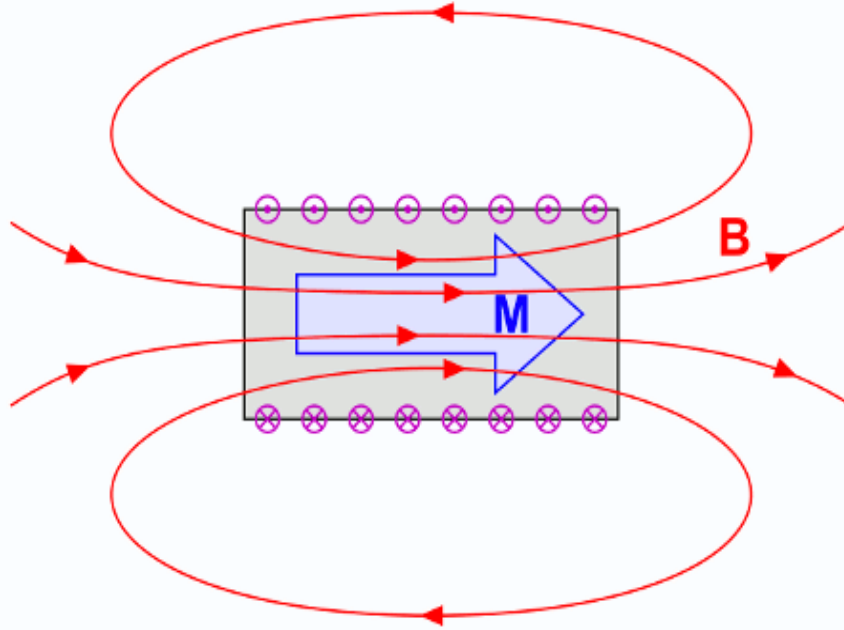


(1) تمثيل للمجال الكهرومغناطيسي في وشيعة

يمكن مشاهدة توزيع المجال المغناطيسي بنثر برادة الحديد على ورقة موضوعة على قضيب مغناطيسي أو ورقة يمر خلالها سلك يمر به تيار كهربائي، التيارات الداخلية تتجه من الجنوب إلى الشمال، ويمكن إنشاء حقل مغناطيسي بتمرير تيار كهربائي بسلك ما حيث تشكل دوائر مغناطيسية حول السلك ومركزها السلك نفسه حيث أن التيار الكهربائي يولد مجالاً مغناطيسياً والعكس

صحيح.

مصطلح **المجال المغناطيسي** يُستخدم للإشارة إلى نوعي المجال المختلفين، يرمز لهما بـ "H" و "B". وهناك العديد من الأسماء البديلة لكليهما، يمثل "B" حقل التحريض المغناطيسي و "H" الحقل المغناطيسي. يتسبب التيار المار في الملف بإنتاج المجال "B"، ويتسبب قطبي المغناطيس الذاتي بإنتاج المجال "H"، ويكون المجالان الناشئان متماثلان في الخارج ومختلفان في الداخل.



(2) رسم توضيحي يبين حقل التحريض المغناطيسي

يمكن تعريف المجال "B" بالعديد من الطرق المتشابهة المرتكزة على تأثيراته في محيطه.

مثلاً . . . جسيم يملك شحنة كهربائية (q) يتحرك في دفع المجال المغناطيسي "B" بسرعة v، فيؤثر عليه المجال بقوة F تدعى

بقوة لورنتز:

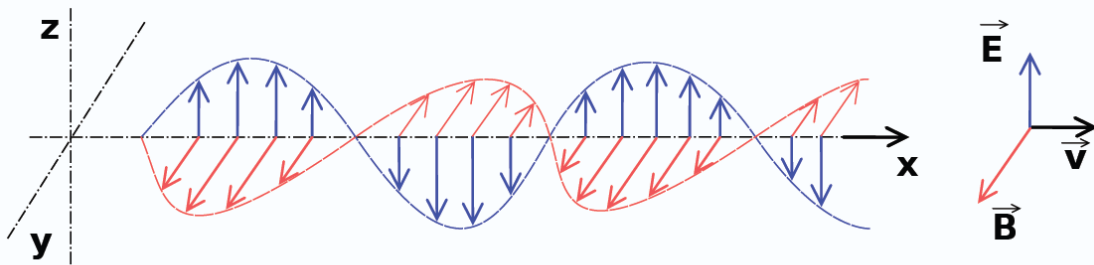
$$\vec{F} = q (\vec{v} \times \vec{B})$$

## المرکز الوطني للتميز

حيث أن علامة الضرب هنا ( $\times$ ) فهو ضرب اتجاهي، بمعنى أن اتجاه القوة المؤثرة على الشحنة المتحركة يكون عمودياً على كل من اتجاه الدفع المغناطيسي الخارجي واتجاه حركة الشحنة. في تجارب معجلات الجسيمات نسلط على الجسيمات المشحونة السريعة مجالاً مغناطيسياً من الخارج فتتحرف عن مسارها الخطي، ونجد أن انحرافها إلى اليمين إذا كانت سالبة الشحنة وإلى اليسار إذا كانت موجبة، أي أن جهة انحراف الجسيمات المشحونة عن مسارها عند مرورها خلال مجال مغناطيسي معين يدل على نوع شحنتها، كما أن هذا الانحراف يعتمد على سرعتها وكتلتها وبالتالي يعتمد على كمية الحركة.

وحسب قانون لورنز فالحقل المغناطيسي الناشئ عن تيار كهربائي ليس إلا مجال ناشئ عن شحنات متحركة (إلكترونات)، ولهذا يزول المجال المغناطيسي بانقطاع التيار. ويُقاس المجال " $B$ " في نظام الوحدات الدولي بوحدات التسلا والغاوس.

**الإشعاع الكهرومغناطيسي** هو شكل خاص من الحقل الكهرومغناطيسي، تنتج الشحنات المتسارعة ومرتبطة بالحقول الكهرومغناطيسية البعيدة تماماً عن الشحنات المتحركة المنتجة لها، وبالتالي فإن امتصاصه لا يؤثر في سلوك هذه الشحنات. يُشار لهذين النوعين أو السلوكين للحقل الكهرومغناطيسي بالحقل القريب والحقل البعيد، وعلى هذا فإن الإشعاع الكهرومغناطيسي هو مسمى آخر للحقل البعيد، وتنتج الشحنات الحقل القريب بشكل مباشر والإشعاع الكهرومغناطيسي بشكل غير مباشر وبالأصح فإن كلا من المجالين الكهربائي والمغناطيسي ينتج من تغير المجال الآخر ويكون معامداً له.

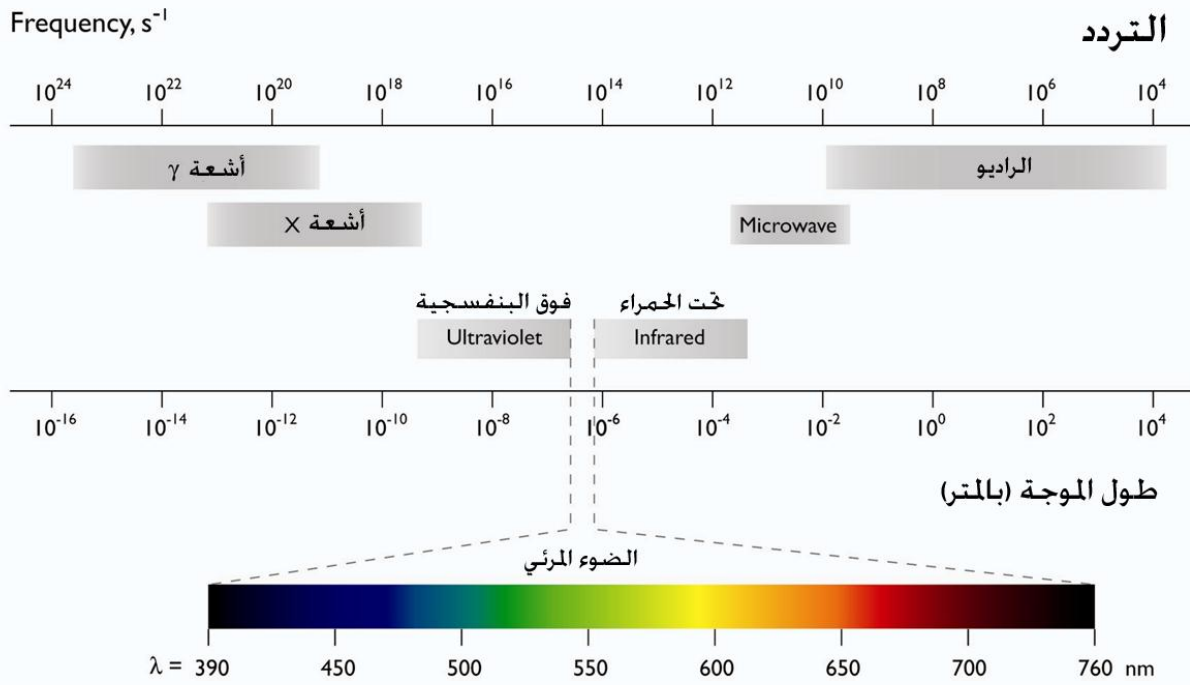


(3) تعامد المجالين الكهربائي والمغناطيسي في الموجة الكهرومغناطيسية

## المركز الوطني للمتميزين

يصنف الإشعاع الكهرومغناطيسي وفقاً لتردد موجته، ويتكون الطيف الكهرومغناطيسي وفقاً لتزايد التردد وتناقص الطول الموجي من الموجات الراديوية، تليها الموجات الصغيرة، تليها الأشعة تحت الحمراء، يليها الضوء المرئي، تليه الأشعة فوق البنفسجية، تليها الأشعة السينية، وأخيراً تأتي أشعة غاما.

تبدى أعين العديد من الكائنات حساسية لنافذة صغيرة ومتغيرة نوعاً ما من ترددات الإشعاع الكهرومغناطيسي تدعى **الطيف المرئي**.



(4) أنواع الأشعة الكهرومغناطيسية

تنقسم الأشعة الكهرومغناطيسية إلى قسمين متماثلين في الخواص:

- الأشعة الكهرومغناطيسية الطبيعية: مثل الضوء والأشعة السينية (التي تنتج من أغلفة بعض الذرات) وأشعة غاما (التي تصدر من أنوية الذرات ذات النشاط الإشعاعي).
- الأشعة الكهرومغناطيسية الصناعية: هي الأشعة التي ولدها الإنسان.

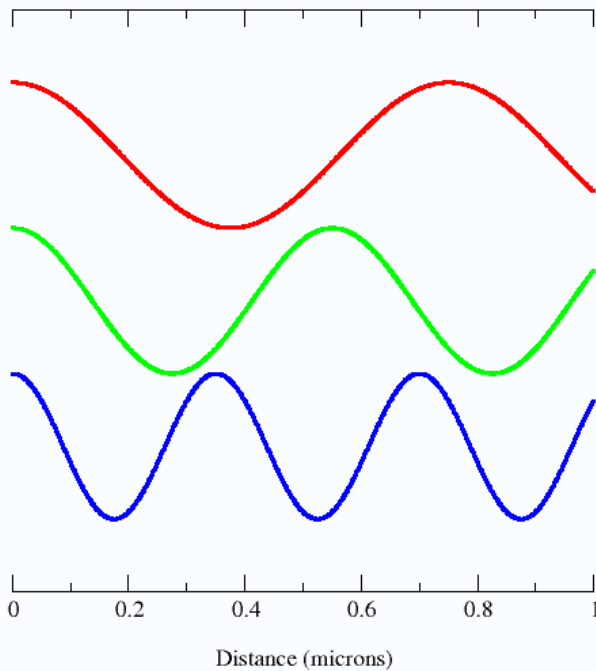


## المركز الوطني للمتميزين

بعد أن توصل الإنسان لتوليد الموجات الكهرومغناطيسية سخرها للكثير من استخدامات التكنولوجيا مثل: الراديو، التلفاز، الرادار، الهاتف المحمول وغيرها . . . ، كذلك بالنسبة لتكنولوجيا الاتصال بين الأرض ورواد الفضاء والمركبات الفضائية المتحركة التي يرسلها الإنسان إلى كواكب المجموعة الشمسية، فكل هذه الاتصالات تتم بواسطة الموجات الكهرومغناطيسية .

تعتمد تأثيرات الإشعاع الكهرومغناطيسي على كل من قوته وتردده، بحيث تنحصر تأثيرات الإشعاع المنخفض التردد حتى الضوء المرئي على الخلايا والمواد العادية بالحرارة والتسخين، أما الإشعاع المرتفع التردد كالأشعة فوق بنفسجية والأعلى منها فالضرر يكون أكبر بكثير بسبب قدرة الفوتونات المفردة - في مثل هذه الترددات - على تدمير الجزيئات الفردية كيميائياً .

من خصائص الموجات الكهرومغناطيسية أنها لا تحتاج لوسط مادي تنتقل فيه فأشعة الشمس على سبيل المثال تصلنا بعد انتشارها في الفراغ وأيضاً يصلنا الضوء من النجوم البعيدة، أي أنها تنتشر في الفراغ بسرعة ثابتة تساوي  $3 \times 10^8$  (وهي تساوي سرعة الضوء) فيكون  $c = \lambda \times f$  بحيث  $c$  سرعة الضوء في الفراغ و  $\lambda$  طول الموجة مقدرة بالمتر و  $f$  هو التردد ويقاس بالهرتز Hz .

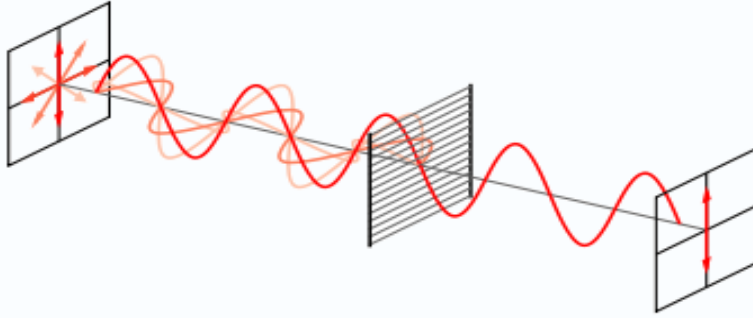


كما أن الموجات الكهرومغناطيسية لا تتأثر بالمجالات الكهربائية أو المغناطيسية، فهي تنتشر في خطوط مستقيمة وتخضع للخصائص الموجية من حيث الحيود والتداخل. وأخيراً فإن الموجات الكهرومغناطيسية موجات مستعرضة قابلة للاستقطاب.

(5) تفاوت الأطوال الموجية للأشعة المرئية مقدرة بالميكرومتر

## استقطاب الأشعة الكهرطيسية:

لتوضيح معنى الاستقطاب **Polarization** نأخذ موجة عرضية تنتشر على حبل مهتز فتمر خلال مادة ما تسمح بمرور المركبة الرأسية للشعاع ولا تسمح بمرور المركبة الأفقية.

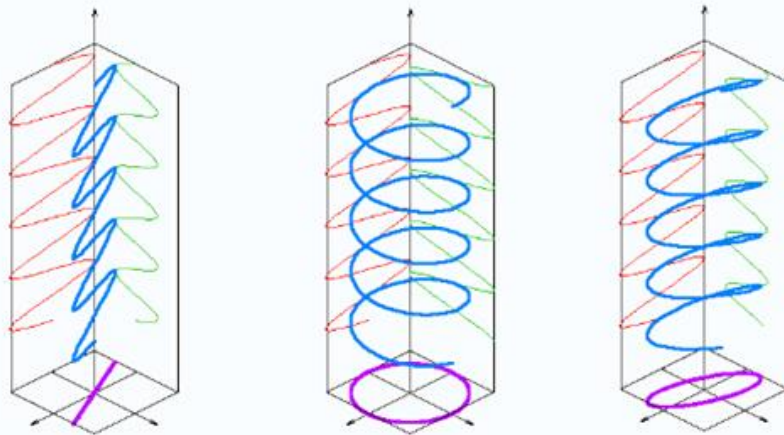


(6) استقطاب الأشعة

يسقط على الحائل ضوء مستقطب، يتموج رأسياً فاقداً موجته المغناطيسية المقترنة به، في هذه الحالة تسمى موجة مستقطبة خطية **Linearly Polarized Wave**

**Polarized Wave**، ويسمى الاتجاه الذي يحدث فيه اهتزاز الموجة المستقطبة اتجاه الاستقطاب **Polarization Axis**، ويؤخذ اتجاه المجال الكهربائي على أنه اتجاه الاستقطاب أو محور الاستقطاب<sup>1</sup>. أما الموجات الكهرطيسية التي تنبعث من مصدر ضوئي عادي كفتيل المصباح الكهربائي مثلاً فإنها تكون غير مستقطبة لأن المجال الكهربائي للأشعة الصادرة من المصباح تنذب في جميع الاتجاهات مع كونه متعامداً مع اتجاه انتشار الضوء.

وأخيراً فإن الاستقطاب يأخذ أحد الأشكال الثلاثة: خطي، دائري أو إهليلجي<sup>2</sup>.



(7) أشكال الاستقطاب

<sup>1</sup>Griffiths, David J. (1998). *Introduction to Electrodynamics*.

<sup>2</sup> Geoffrey New (7 April 2011). *Introduction to Nonlinear Optics*. Cambridge University Press.

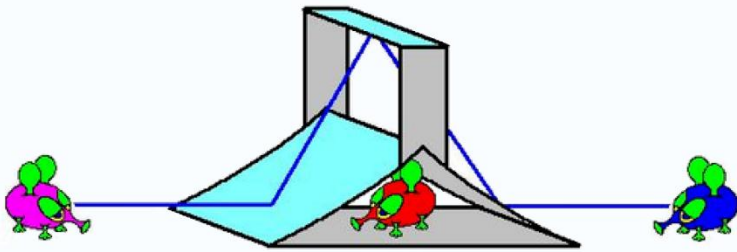
## الاختفاء

### معناه العام . .

**التخفي** هي حالة جسم ما عندما لا يكون مرئياً ويقال (الجسم غير مرئي)، وكثيراً ما يستخدم هذا المصطلح في الخيال العلمي حيث يتم جعل الأشياء "حرفياً" غير مرئية عبر أفعال سحرية أو وسيلة تكنولوجية معينة؛ ومع ذلك، فإنه لمن الممكن إظهار آثاره في العالم الحقيقي وخاصةً في الفيزياء والإدراك الحسي ودراسات علم النفس . ولأن الأجسام يمكن رؤيتها بواسطة الضوء في الطيف المرئي المنعكس على سطوحها، فإن الشكل الأكثر طبيعية **للتخفي** (سواء أكان حقيقياً أو خيالياً) هو كائن لا يعكس ولا يمتص الضوء (أي يسمح للضوء بالعبور من خلاله)، وهذا هو المعروف باسم "الشفافية"؛ وتحدث الشفافية في العديد من المواد بشكل

طبيعي إلا أن هذه المواد لا تعدُّ شفافةً 100%، وهي

الطريقة الأولى لجعل الجسم غير مرئي .



(8) مثال للاختفاء عن الأشعة الضوئية

إنّ الاحساس بالتخفي يعتمد على عدة عوامل ضوئية

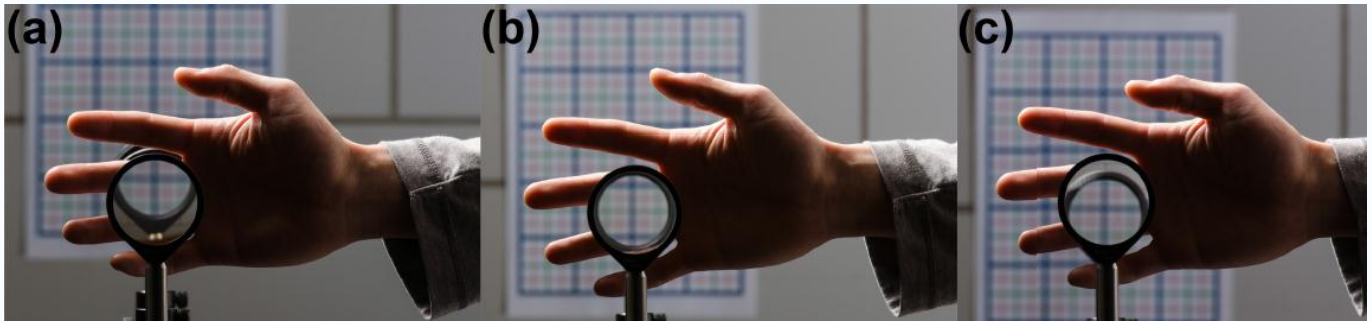
وبصرية كعين المراقب أو الأدوات المستخدمة<sup>3</sup>. وغالباً ما

يُنظر إلى التخفي على أنه شكلٌ من أشكال التمويه، لأنه لا يكشف للمشاهد أي نوعٍ من العلامات الحيوية أو الآثار البصرية، ولا أيًا من ترددات الطيف الكهرطيسي المكتشفة للعين البشرية (الأشعة تحت الحمراء أو الأطوال الموجية الخاصة بالأشعة فوق البنفسجية).

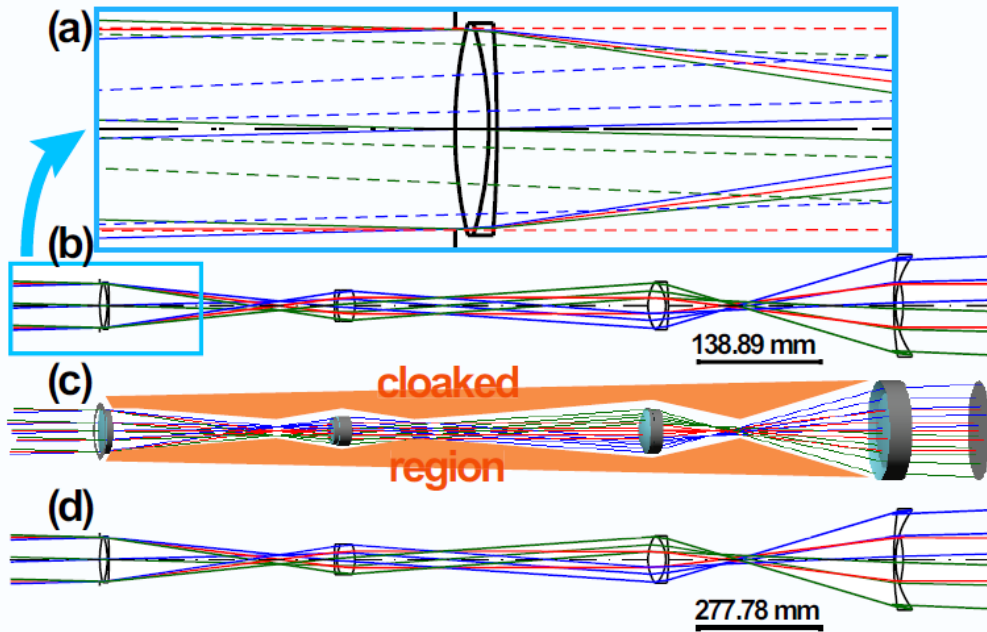
<sup>3</sup> Ivan Moreno, Y. Jauregui-Sánchez, and Maximino Avendaño-Alejo, "Invisibility assessment: a visual perception approach," J. Opt. Soc. Am. A 31, 2244 - 2248 (2014).

## المركز الوطني للتميز

أما عن النوع الثاني للاختفاء فيتم عبر عكس الأجسام للضوء بأية جهة كانت عدا عين الناظر، وهو ذاته مبدأ عمل الرادارات. ويتمحور النوع الثالث حول حرف الشعاع الضوئي عن عين الناظر بعيداً عن الجسم، أو حرفه بعد انعكاسه عن الجسم بعيداً عن عين الناظر، وهذا ما يتم بواسطة 4 عدسات على الأقل ووضع الجسم المراد إخفاؤه بين اثنتين منهما، وهذه الطريقة تقوم بإخفاء الجسم عبر حرف الضوء باستخدام العدسات مع المحافظة على الخلفية دون تغيير (هذه وظيفة بقية العدسات)، لكن هذا يتطلب معرفة موقع الناظر لحرف الضوء بعيداً عنه<sup>4</sup>.



(9) اختفاء الجسم باستخدام العدسات مع توضيح اختلاف الرؤية بحسب موقع الناظر



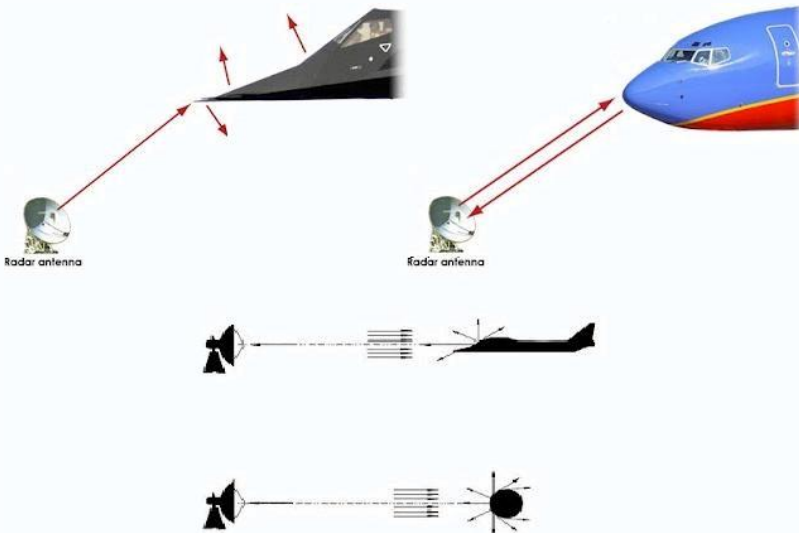
(10) آلية عمل العدسات

ومن تطبيقات هذه الطريقة عباءة التخفي أو الاختفاء باستخدام مادة **Metamaterial** التي تعمل على إخفاء الجسم عن عين الناظر أيا كان موقع تلك العين. وأخيراً فإن للاستقطاب أيضاً دور في إخفاء الأجسام وإزالة الموجة الضوئية.

## الاختفاء عن الرادارات:

بدأ تطبيق **الاختفاء** عسكرياً بإخفاء الطائرات عن الرادارات، حيث أن الرادار عبارة عن نظام إرسال واستقبال راديوي يستخدم أمواج لاسلكية بالغة القصر - طولها بضعة سنتيمترات - تُبثُّ من هوائي خاص، وبالإمكان توجيه هذا الهوائي ومن خلفه صحنه العاكس، حيث أنه بإمكان الهوائي الدوران دوراتٍ كاملة وإرسال الإشارات والتقاطها في شتى الاتجاهات. يعتمد الرادار على خاصية ارتداد أمواجه عند اصطدامها بمعظم الأجسام وتحديد بُعدها ومعرفة فيما إذا كانت ثابتة أم متحركة محددة السرعة والاتجاه.

ففي ذلك الجزء من الثانية الذي تُبث فيه الأمواج الراديوية من المرسل وترتد عن هدفها عائدةً إلى محطة الرادار يكون المرسل قد فصل عن الدارة لتمكن الهوائي من استقبال الإشارات العائدة وتوصيلها إلى أنبوب أشعة كاثودي لتتكون على هذا الأنبوب صورة لما كشفته الأشعة الراديوية.



(11) الاختفاء عن الرادارات وبعثرة الأشعة

يعتمد مبدأ **التخفي** على بناء الطائرة بشكل هندسي معين يعكس جميع الأشعة الراديوية بكافة الاتجاهات ماعدا الاتجاه الذي تأتي منه الموجة، وبالتالي لن يستقبل مستقبل الرادار أي موجة مرتدة عن الجسم، وبذلك نكون قد حصلنا على جسم مخفي.

## الاختفاء باستخدام مادة Metamaterial : 6

وهو تطوير لعملية الاختفاء عن الرادار فهو لا يقف على عتبة الأمواج الراديوية وإنما يزيد على ذلك بعشرة جميع الأمواج الكهرومغناطيسية بما فيها المرئية، وهو ما حاول العلماء تطبيقه عبر ما عُرف بعباءة التخفي "invisible cloaking" التي تمت مشاهدتها في فيلم "Harry Potter".

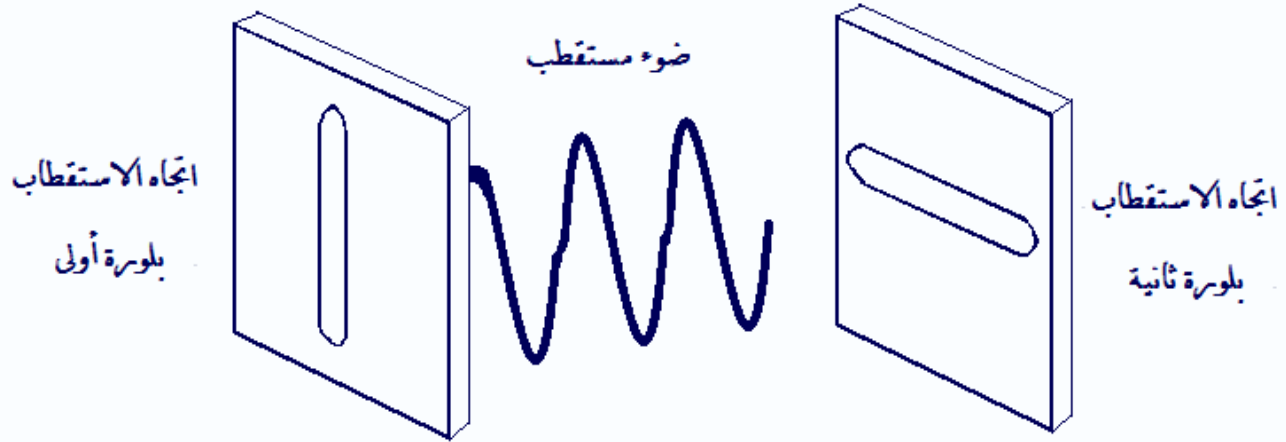
بدايةً قد يتبادر إلى أذهاننا أن طريقة ابتداء عباءة كهذه سيحقق إذا أوجدنا مادة تخفي الأجسام المطلية بها، ولكن في عام 2006 أثبت ديفيد ميلر في جامعة ستانفورد أنه لا يمكن وجود طلاء غير مرئي من شأنه أن يعمل على تغيير الخلفيات، ويعود السبب لسرعة الضوء الثابتة ففي حالة كهذه على الضوء أن يلتف حول الجسم أي عليه استغراق زمن أكبر من ذلك حين ينعكس عليه أو يمر من خلاله، وهذا ما يغير في خلفية الجسم ويترك أثراً لرؤيته. ومع هذا فهناك مجموعة علماء أمريكيين قالوا أن هذا ممكن على الرغم من وجود مشكلة كهذه وذلك بإلقاء الضوء على إبر معدنية صغيرة جداً مجهزة بشكل مخروطي محددة الزوايا والأطوال، هذه الإبر من شأنها أن تجعل الضوء ينحرف ويمر حول العباءة، ومن ثم فإن كل شيء داخل المخروط يبدو متلاشياً لعدم انعكاس الضوء عنه. وقد قال الباحث فلاديمير شاليف أستاذ الهندسة الكهربائية والكمبيوتر في جامعة بورديو "من الناحية المثالية، وإذا كنا سنجعلها حقيقية فإنها ستعمل تماماً مثل هاري بوتر في عباءة التخفي الخاصة به"، وقال "إنها لن تكون ثقيلة الوزن لقلة كمية المعدن الداخلة في تركيبها".

في 30 أبريل 2009 طور فريقين من العلماء عباءة أظهرت الأجسام خفية للضوء القريب من الأشعة تحت الحمراء. وعلى عكس سابقاتها، فإن هذه التكنولوجيا لا تستخدم المعادن، مما يحسن قدرتها على الاختفاء لأن المعادن تتسبب في فقدان بعض الضوء<sup>8</sup>.

6 صنعت المادة لأول مرة عام 2006 في جامعة Duck في Durham في أمريكا بالاشتراك مع كلية في لندن لتخفي الجسم عن الأشعة الميكروية وهي عبارة عن مجموعة مواد لها 6 خواص بصرية غير موجودة في الطبيعة كالسيراميكات والتفلون وبعض المركبات اللبينية والمواد المعدنية فتحرف الأشعة الميكروية ليغدو الجسم مخفياً بالنسبة لهذا النوع من الأشعة  
7 D. A. B. Miller, "On perfect cloaking," Opt. Express 14, 12457-12466 (2006)  
8 Scientists Develop New Invisibility Cloak Technology Redorbit

## توظيف الاستقطاب في الاختفاء:

ذكرنا سابقاً أن استقطاب الضوء يعني تحديد جهة الحقل الكهربائي (حذف بقية اتجاهات الحقل الكهربائي) فيما إذا كانت أفقية أو شاقولية أو غير ذلك، وهذا ما يتم عبر بلورات معينة فإذا كانت هذه البلورات ذات منحى أفقي فهي لن تسمح لباقي مركبات الحقل الكهربائي بالمرور عبرها، وهي الطريقة التي وُظِّفت في الاختفاء فتم وضع نوعين من البلورات على التوالي الأولى ذات منحى معين والثانية لها منحى آخر، وهكذا فإن البلورة الثانية لن تسمح للموجة الضوئية بالمرور وبالتالي يصبح الجسم غير مرئي.



(12) عرقلة البلورة الثانية لحركة الموجة

## التأثير والمقتربات

ختاماً وجدنا أن **الاختفاء** قريب المنال وأنه غير محدود بنوع معين فهناك إزاحة الضوء والتفافه حول الجسم واستقطابه وغيرها من الطرق، كما أنه مطبق في الوقت الراهن على الأشعة الميكروية في الرادارات وفي الواقع، وقريباً سيغدو محققاً على الأمواج المرئية لجميع الجسام، وهذا ما يشمل الجماد والإنسان عبر عباءة ذكية **تخفي** كل ما تحتها من موجودات.

**الاختفاء** لا يتوقف على حجم الجسم أكان ميكروبياً كالفوتونات أو كبيراً جداً، وإنما يتوقف على طريقة إخفائه والدقة في حرف الأشعة عنه والسرعة التي يجب أن تكون مشابهة لسرعة الضوء، بحيث أن حرف الضوء باستخدام العدسات لا يستطيع **إخفاء** إلا الأجسام الصغيرة وهذا ما يعتمد أيضاً على زاوية انحراف الضوء. **الاختفاء** سيغدو موجوداً خلال العشرين سنة المقبلة وسيغدو سلاحاً ذو حدين إما أن يُستعمل في الحروب أو يكون عنصراً من عناصر الإثارة والبهجة في شتى المجالات كالسحر مثلاً. فما علينا إلا أخذ الحذر من اللعب بالعقول وعدم تسويقه في المناحي السلبية متجنين الحروب ومضارها وكل نتائجها التي لا تعود بفائدة سوى الدمار والخراب.



## الكتابة ..

**الاختفاء الكلي** في الوقت الراهن غير موجود لكنه ليس بالبعيد نظراً لتقدم العلم السريع، ففي العشرين سنةً المقبلةً ربما نجد أنفسنا نصطدم بأشياء لا نعرف ماهيتها ونحن نسير في الشارع، أو ندور حول أنفسنا باحثين عن صوتٍ يكلمنا غير متيقنين من منبعه، أو حتى نجد متجراً لبيع عباءات التخفي المتفاوتة الجودة . .

ومع هذا التطور في الاختفاء سنستطيع كطلاب الدخول إلى الصف متأخرين دون ملاحظة المدرس إيانا متجنين ضحكات الطلاب وسخريتهم منا .

# المراجع

- <http://www.aec.org.sy>
- <http://www.marefa.org>
- <http://arab-ency.com>
- The Edward S. Rogers Department of Electrical and Computer Engineering, University of Toronto, Toronto, Canada (Received 1 July 2013; published 12 November 2013)
- D. A. B. Miller, "On perfect cloaking," Opt. Express 14, 12457-12466 (2006)
- Scientists Develop New Invisibility Cloak Technology Redorbit
- الموسوعة العلمية الميسرة - الاكتشافات والاختراعات - صفحة 52 - مكتبة لبنان
- Ivan Moreno, Y. Jauregui-Sánchez, and Maximino Avendaño-Alejo, ", " "Invisibility assessment: a visual perception approach," J. Opt. Soc. Am. A 31, 2244 - 2248 (2014).
- Geoffrey New (7 April 2011). Introduction to Nonlinear Optics. Cambridge University Press.
- Griffiths, David J. (1998). *Introduction to Electrodynamics*.