5264CH08

باب آٹھ

برقی۔مقناطیسی لہریں (ELECTROMAGNETIC WAVE'S)

© NCERT not to be republished

8.1 تعارف (INTRODUCTION)

باب 4 میں ہم نے سیکھا تھا کہ ایک برقی کرنٹ،مقناطیسی میدان پیدا کرتا ہے اور دو کرنٹ بردار تار ایک دوسرے پر مقناطیسی قوت لگاتے ہیں۔مزید،باب 6 میں ہم پڑھ چکے ہیں کہ ایک وقت کے ساتھ تبدیل ہوتا ہوا مقناطیسی میدان، برقی میدان پیدا کرتا ہے۔کیا اس کا برعکس بھی درست ہے؟ کیا ایک وقت کے ساتھ تبدیل ہوتا ہوا برقی میدان،مقناطیسی میدان پیدا کرتا ہے؟ جیمس کلارک میکسویل (1879–1831) نے دلیل پیش کی کہ یقیناً ایسا ہی ہے۔صرف برقی کرنٹ ہی نہیں بلکہ وقت کے ساتھ تبدیل ہوتا ہوا برقی میدان بھی مقناطیسی میدان پیدا کرتا ہے۔ایک وقت کے ساتھ بدلتے ہوئے کرنٹ سے جڑے ہوئے کپیسٹر کے باہر ایک نقطے پر مقناطیسی میدان معلوم کرنے کے لیے ایمپیر کا سرکٹی قانون استعمال کرتے ہوئے میکسویل نے ایمپیر کے سرکٹی قانون میں ایک تضاد محسوس کیا۔انھوں نے اس تضاد کو دور کرنے کے لیے ایک اور کرنٹ تجویز کیا جو نقل کرنٹ کہلاتا ہے۔

میکسویل نے برقی اور مقناطیسی میدانوں اور ان کے وسیلوں،چارج اور کرنٹ کثافتوں پر مشتمل مساواتوں کا ایک سیٹ تشکیل دیا جو میکسویل کی مساواتیں کہلاتی ہیں۔لورینٹز قوت فارمولے (باب 4) کے ساتھ یہ مساواتیں برق۔مقناطیسیت کے تمام بنیادی قانونوں کا ریاضیاتی اظہار ہیں۔

برقی۔مقناطیسی لہریں

میکسویل کی مساواتوں سے ظہور میں آنے والی سب سے اہم پیشن گوئی برق۔مقناطیسی لہروں کا وجود ہے جو وقت کے ساتھ بدلتے ہوئے برقی ومقناطیسی (ایک دوسرے کے ساتھ بندھے ہوئے) میدان ہیں جن کا فضا میں اشعاع ہوتا ہے۔ان لہروں کی چال،ان مساواتوں کے مطابق،نوری تجربات سے معلوم کی گئی روشنی کی چال $(3 \times 10^8 \text{ m/s})$ کے بہت نزدیک حاصل ہوتی ہے۔اس سے یہ ممتاز نتیجہ اخذ کیا گیا کہ روشنی ایک برق۔مقناطیسی لہر ہے۔اس طرح میکسویل کے کام نے برق،مقناطیسیت اور روشنی کے علاقوں کو یکجا کردیا۔ہرٹز نے 1885 میں برق۔مقناطیسی لہروں کے وجود کا تجرباتی مظاہرہ کیا۔مارکونی اور دیگر افراد کے اس کے تکنیکی استعمال نے وقت کے ساتھ ترسیل کے میدان میں وہ انقلاب برپا کیا جو آج ہم دیکھ رہے ہیں۔

اس باب میں پہلے ہم نقل کرنٹ کی ضرورت اور اس کے اثرات سے بحث کریں گے۔پھر ہم برق۔مقناطیسی لہروں کا ایک بیانی جائزہ پیش کریں گے۔اس کے ساتھ برق۔مقناطیسی لہروں کا وسیع طیف،جو γ شعاعوں ($\sim 10^{-12}$ m طولِ لہر) سے طویل ریڈیو لہروں ($\sim 10^{6}$ m طولِ لہر) تک پھیلا ہوا ہے،بیان کیا گیا ہے۔ترسیل کے لیے برق۔مقناطیسی لہریں کیسے بھیجی اور وصول کی جاتی ہیں،اس سے باب 15 میں بحث کی جائے گی۔

جیمس کلارک میکسویل (1831–1879) ایڈنبرگ،اسکاٹ لینڈ میں پیدا ہوئے۔آپ کا شمار انیسویں صدی کے عظیم ترین طبیعات دانوں میں کیا جاتا ہے۔انھوں نے ایک گیس میں مالیکیولوں کا حرارتی رفتار بکھراؤ (Thermal velocity distribution) مشتق کیا۔یہ سب سے پہلے شخص تھے جنھوں نے مالیکیولیائی مقداروں کا قابل بھروسہ تخمینہ،قابل پیمائش مقداروں،جیسے مزوجت (viscosity) وغیرہ،سے لگایا۔میکسویل کا سب سے بڑا کارنامہ برق اور مقناطیسیت کے قانونوں (کولمب،اورسٹیڈ،ایمپیر اور فیراڈے کے ذریعے دریافت کیے گئے) کو مساواتوں کے ایک سازگار سیٹ میں یکجا کرنا ہے۔یہ مساواتیں اب میکسویل مساواتیں کہلاتی ہیں۔ان کی مدد سے یہ اس اہم ترین نتیجے پر پہنچے کہ روشنی ایک برق۔مقناطیسی لہر ہے۔دلچسپ بات یہ ہے کہ میکسویل اس نظریہ سے متفق نہیں تھے کہ برق اپنی طبع کے لحاظ سے ذراتی ہے۔یہ نظریہ فیراڈے کے برق۔پاشی کے قوانین کی بنیاد پر پرزرو طریقے سے تجویز کیا گیا تھا۔

8.2 نقل کرنٹ (Displacement Current)

ہم نے باب 4 میں پڑھا ہے کہ ایک برقی کرنٹ،اپنے گرد ایک مقناطیسی میدان پیدا کرتا ہے۔میکسویل نے ثابت کیا کہ منطقی ہم آہنگی کے لیے،ایک بدلتے ہوئے برقی میدان کو بھی ایک مقناطیسی میدان پیدا کرنا چاہیے۔یہ اثر بہت اہمیت کا حامل ہے کیونکہ یہ ریڈیو لہروں،گاما لہروں اور بصری روشنی اس کے ساتھ ساتھ برق۔مقناطیسی لہروں کی دیگر شکلوں کے وجود کی وضاحت کرتا ہے۔

یہ سمجھنے کے لیے کہ ایک بدلتا ہوا برقی میدان ایک مقناطیسی میدان کیسے پیدا کرتا ہے،آیئے ہم کپیسٹر کے چارج کرنے کے عمل کو لیں اور (باب 4) ایمپیر کا سرکٹی قانون جو دیا جاتا ہے:

(8.1)

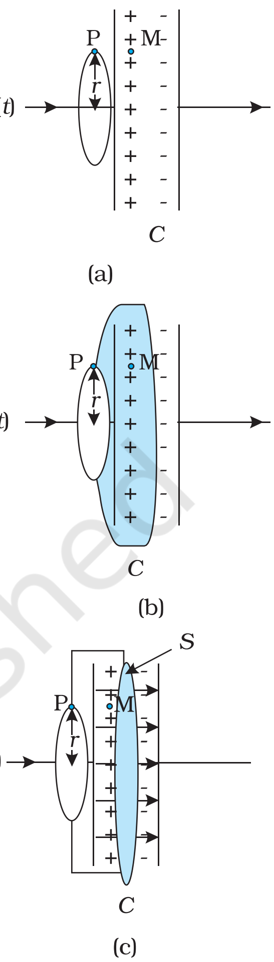
کپیسٹر سے باہر ایک نقطے پر مقناطیسی میدان معلوم کرنے کے لیے استعمال کریں۔شکل (a)8.1 میں ایک متوازی چادر کپیسٹر دکھایا گیا ہے جو اس سرکٹ کا حصہ ہے جس سے ایک تابع۔وقت کرنٹ $i(t)$ بہتا ہے۔اب ہم متوازی چادر کپیسٹر کے علاقے سے باہر ایک نقطے،جیسے P،پر مقناطیسی میدان معلوم کرتے ہیں۔اس کے لیے ہم ایک مسطح دائری لوپ لیتے ہیں،جس کا نصف قطر r ہے اور جس کا مستوی کرنٹ بردار تار کی سمت پر عمود ہے اور جو تار کی مناسبت سے متشاکل طور پر مرکوز ہے [شکل (a)8.1]۔تشاکل سے،مقناطیسی میدان دائری

© NCERT not to be republished

لوپ کے محیط کی سمت میں ہے اور لوپ کے ہر نقطہ پر اس کی عددی قدر مساوی ہے۔اس طرح، اگر میدان کی عددی قدر B ہے، تو مساوات (8.1) کا دایاں بازو $B(2\pi r)$ ہے۔ اس طرح، ہمیں حاصل ہوتا ہے:

$$B\ (2\pi r) = \mu_0 i\ (t) \qquad (8.2)$$

اب ایک مختلف سطح لیتے ہیں جس کا حدی خط (Boundary) یکساں ہے۔ یہ ایک برتن جیسی سطح ہے [شکل (b)8.1] جو کرنٹ سے کہیں بھی تماس میں نہیں ہے لیکن اس کا پیندا کپیسٹر کی چادروں کے درمیان ہے، اور اس کا منہ اوپر بیان کیا گیا دائری لوپ ہے۔ ایسی ہی ایک دوسری سطح کی شکل ناشتے دان کے ڈبے جیسی ہوسکتی ہے (بغیر ڈھکنے کے) [شکل (c)8.1]۔ ایسی سطحوں پر ایمپیر کا سرکٹی قانون استعمال کرتے ہوئے، جن کا محیط (Perimeter) یکساں ہے، ہم پاتے ہیں کہ مساوات (8.1) کا بایاں بازو تبدیل نہیں ہوتا لیکن دایاں بازو $\mu_0 i$ نہیں بلکہ صفر ہے، کیونکہ شکل (b)8.1 اور شکل (c)8.1 کی سطح سے کوئی کرنٹ نہیں گذر رہا ہے۔ اس طرح ایک تضاد سامنے آتا ہے۔ ایک طرح سے تحسیب کرنے پر، نقطہ P پر ایک مقناطیسی میدان ہے اور دوسری طرح سے تحسیب کرنے پر، نقطہ P پر مقناطیسی میدان صفر ہے۔



شکل 8.1: سرکٹ کے حصے کے بطور ایک متوازی چادر کپیسٹر c، جس سے تابع-وقت کرنٹ $i(t)$ بہہ رہا ہے۔ (a) نصف قطر r کا ایک لوپ، جو لوپ کے نقطہ P پر مقناطیسی میدان معلوم کرنے کے لیے لیا گیا ہے۔ (b) ایک برتن کے شکل کی سطح جو کپیسٹر چادروں کی درمیانی جگہ سے گذر رہی ہے اور (a) میں دکھایا گیا ہے لوپ اس کا رم ہے۔ (c) ناشتے دان کے ڈبے کی شکل کی سطح، دائری لوپ جس کا رم ہے اور جس کا چپٹا پیندا S کپیسٹر چادروں کے درمیان ہے۔ تیر کے نشان کپیسٹر کی چادروں کے درمیان ہموار میدان ظاہر کرتے ہیں۔

کیونکہ یہ تضاد ایمپیر کے سرکٹی قانون کو استعمال کرنے سے پیدا ہوتا ہے، اس لیے قانون میں یقیناً کوئی چیز غائب ہے۔ یہ غائب رکن ایسا ہونا چاہیے کہ نقطہ P پر یکساں مقناطیسی میدان حاصل ہو چاہے کوئی بھی سطح استعمال کی جائے۔

ہم شکل (c)8.1 کو اگر غور سے دیکھیں تو اس غائب رکن کا اندازہ کر سکتے ہیں۔ کیا کپیسٹر کی چادروں کے درمیان سطح S سے کوئی چیز گذر رہی ہے؟ جی ہاں، بے شک، برقی میدان! اگر کپیسٹر کی چادروں کا رقبہ A ہے اور ان پر کل چارج Q ہے، تو چادروں کے درمیان برقی میدان $\vec{E}$ کی عددی قدر ہے: $\left(\frac{Q}{A}\right)\frac{1}{\varepsilon_0}$ [دیکھیے مساوات (2.41)]۔ یہ میدان شکل (c)8.1 کی سطح S پر عمود ہے۔ کپیسٹر کی چادروں کے پورے رقبہ A پر اس کی عددی قدر یکساں ہے، اور اس سے باہر یہ صفر ہے۔ تو سطح S سے گذرنے والا برقی فلکس Φ_E کیا ہے؟ گاس کا قانون استعمال کرنے پر، یہ ہے:

$$\Phi_E = \left|\vec{E}\right| A = \frac{1}{\varepsilon_0}\frac{Q}{A}A = \frac{Q}{\varepsilon_0} \qquad (8.3)$$

اب اگر کپیسٹر کی چادروں کا چارج Q، وقت کے ساتھ تبدیل ہوتا ہے تو پھر ایک کرنٹ: $i = \frac{dQ}{dt}$ بہہ رہا ہے، اس طرح، مساوات (8.3) استعمال کرنے پر، ہمیں حاصل ہوتا ہے۔

$$\frac{d\Phi_E}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{Q}{\varepsilon_0}\right) = \frac{1}{\varepsilon_0}\frac{dQ}{dt}$$

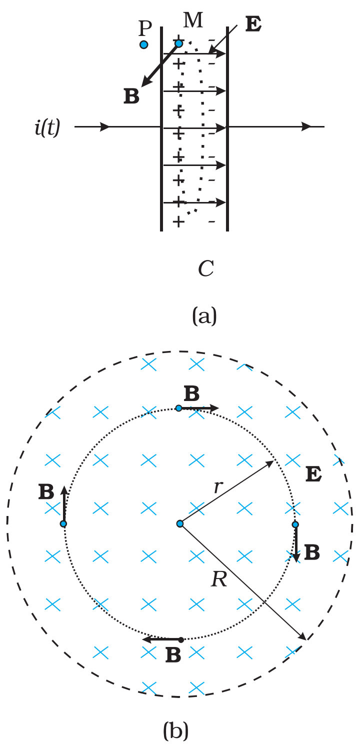
اس کا مطلب ہوا کہ ہم آہنگی کے لیے:

$$\varepsilon_0\left(\frac{d\Phi_E}{dt}\right) = i \qquad (8.4)$$

یہ ہے، ایمپیر کی سرکٹی قانون میں غائب رکن۔ اگر ہم اس قانون کو اس طرح عمومی شکل دیں کہ موصلوں کے ذریعے

© NCERT not to be republished

سطح سے گذر رہے کل کرنٹ میں ایک رکن اور شامل کرلیں، جو ε_0 گنا، اسی سطح سے گذر رہے برقی فلکس کی شرح وقت کے مساوی ہے، تو کل کرنٹ i کی تمام سطحوں کے لیے یکساں قدر ہوگی۔ اگر ایسا کیا جائے تو عمومی ایمپیر کے قانون کو استعمال کر کے کہیں بھی حاصل ہونے والی B کی قدر میں کوئی تضاد نہیں رہتا۔ نقطہ P پر B غیر صفر ہے، چاہے اس کی تحسیب کے لیے کوئی بھی سطح استعمال کی جائے۔ چادروں سے باہر ایک نقطہ P پر B کی قدر [شکل (a) 8.1] نقطہ M پر، جو چادروں کے بس اندر ہے، B کی قدر کے یکساں ہے، جیسا کہ ہونا چاہیے۔ چارج کے بہاؤ کے وجہ سے موصلوں میں بہہ رہا کرنٹ ایصالی کرنٹ کہلاتا ہے۔ مساوات (8.4) سے دیا جانے والی کرنٹ ایک نیا رکن (Term) ہے اور اس کے پیدا ہونے کی وجہ متبادل برقی میدان (یا برقی نقل۔ ایک پرانی اصطلاح جواب بھی کبھی کبھی استعمال ہوتی ہے) ہے۔ یہ، اس لیے، نقل کرنٹ یا میکسویل کا نقل کرنٹ کہلاتا ہے۔ شکل 8.2 میں اوپر بیان کیے گئے متوازی چادر کپیسٹر کے اندر پائے جانے والے برقی اور مقناطیسی میدان دکھائے گئے ہیں۔



شکل 8.2: (a) کپیسٹر کی چادروں کے درمیان نقطہ M پر برقی میدان $\vec{E}$ اور مقناطیسی میدان $\vec{B}$ (b) شکل (a) کا ایک تراشہ

اس طرح میکسویل کے ذریعے دی گئی عمومی شکل یہ ہے۔ مقناطیسی میدان کا وسیلہ، بہتے ہوئے چارجوں کی وجہ سے پیدا ہونے والا ایصالی برقی کرنٹ ہی نہیں ہے بلکہ برقی میدان کی تبدیلی کی شرح وقت بھی ہے۔ زیادہ درست طور پر، کل کرنٹ i، i_c سے ظاہر کیے جانے والے ایصالی کرنٹ اور i_d $\left(i_d = \varepsilon_0 \dfrac{d\Phi_E}{dt}\right)$ سے ظاہر کیے جانے والے نقل کرنٹ کا حاصل جمع ہے۔ اس لیے ہمارے پاس ہے:

$$i = i_c + i_d = i_c + \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \tag{8.5}$$

واضح الفاظ میں، اس کا مطلب ہے کہ کپیسٹر کی چادروں کے باہر، صرف ایصالی کرنٹ ہے، $i_c = i$، اور کوئی نقل کرنٹ نہیں ہے، یعنی کہ، $i_d = 0$، دوسری طرف، کپیسٹر کے اندر، کوئی ایصالی کرنٹ نہیں ہے، یعنی کہ، اور صرف نقل کرنٹ ہے، اس طرح کہ

ایمپیر سرکٹی قانون کی عمومی (اور درست) شکل وہی ہے جو مساوات (8.1) سے دی جاتی ہے، لیکن ایک فرق کے ساتھ: کسی بھی اس سطح سے گذر رہا کل کرنٹ، جس کا محیط بند لوپ ہے، ایصالی کرنٹ اور نقل کرنٹ کا حاصل جمع ہے۔ قانون کی عمومی شکل ہے:

$$\oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 i_c + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \tag{8.6}$$

اور یہ ایمپیر ۔ میکسویل قانون کہلاتا ہے۔

نقل کرنٹ کے بھی ہر اعتبار سے، وہی طبعی اثرات ہیں جو ایصالی کرنٹ کے ہیں۔ کچھ صورتوں میں، جیسے ایک موصل تار میں برقی میدان کے لیے، نقل کرنٹ صفر ہوسکتا ہے کیونکہ برقی میدان $\vec{E}$ وقت کے ساتھ تبدیل نہیں ہوتا۔ کچھ دوسری صورتوں میں، جیسے مندرجہ بالا چارج ہوتے ہوئے کپیسٹر میں، ایصالی کرنٹ اور نقل کرنٹ دونوں فضا کے الگ الگ

© NCERT not to be republished

علاقوں میں ہو سکتے ہیں۔ زیادہ تر صورتوں میں، یہ دونوں فضا کے ایک ہی علاقے میں بھی پائے جا سکتے ہیں، کیونکہ کوئی بھی مثالی ایصالی یا مثالی حاجز واسطہ نہیں ہوتا۔ سب سے دلچسپ بات یہ ہے کہ فضا کے ایسے وسیع علاقے ہو سکتے ہیں جہاں کوئی ایصالی کرنٹ نہیں ہو لیکن وقت کے ساتھ بدلتے ہوئے برقی میدانوں کی وجہ سے صرف ایک نقل کرنٹ ہو۔ ایک ایسے علاقے میں ہم مقناطیسی میدان کی توقع کرتے ہیں، حالانکہ اس علاقے کے قرب وجوار میں کوئی (ایصالی) کرنٹ کا وسیلہ نہیں ہے۔ ایسے نقل کرنٹ کی موجودگی کی پیش گوئی کی تجربے کے ذریعے تصدیق کی جا سکتی ہے۔ مثلاً شکل [8.2(a)] میں دکھائے گئے کپیسٹر کی چادروں کے درمیان مقناطیسی میدان (فرض کیجیے نقطہ M پر) کی پیمائش کی جا سکتی ہے اور اس پیمائش سے یہ پتہ چلتا ہے کہ M پر اس کی قدر، چادروں سے بس ذرا باہر (P پر) مقناطیسی میدان کی قدر کے مساوی ہے۔

نقل کرنٹ کے بہت دور اثر نتائج ہیں۔ ایک بات جو ہم فوراً ہی محسوس کر سکتے ہیں کہ اب برق اور مقناطیسیت کے قانون زیادہ متشاکل* (symmetrical) ہیں۔ امالہ کے فیراڈے کے قانون کا بیان ہے کہ مقناطیسی فلکس کی تبدیلی کی شرح کے مساوی ایک امالہ شدہ emf ہوتی ہے۔ اب کیونکہ دو نقاط 1 اور 2 کے درمیان emf، چارج کو 1 سے 2 تک لے جانے میں کیا گیا کام فی اکائی چارج ہے، اس لیے ایک emf کی موجودگی کا مطلب ہے ایک برقی میدان کی موجودگی۔ اس لیے ہم فیراڈے کے برق۔مقناطیسی امالہ کے قانون کو دوسرے الفاظ میں اس طرح بیان کر سکتے ہیں کہ وقت کے ساتھ بدلتا ہوا ایک مقناطیسی میدان ایک برقی میدان پیدا کرتا ہے۔ پھر یہ حقیقت کہ ایک وقت کے ساتھ بدلتا ہوا برقی میدان ایک مقناطیسی میدان پیدا کرتا ہے، اس کا متشاکل نصف ثانی ہے اور نقل کرنٹ کے مقناطیسی میدان کا وسیلہ ہونے کا منطقی نتیجہ ہے۔ اس طرح، تابع وقت برقی اور مقناطیسی میدان ایک دوسرے کو پیدا کرتے ہیں۔ فیراڈے کا برق۔مقناطیسیت کا قانون اور ایمپیر۔میکسویل قانون اس بیان کا مقداری اظہار ہیں، جہاں پر کرنٹ، کل کرنٹ ہے، جیسا مساوات (8.5) میں ہے۔

اس تشاکل کا ایک بہت ہی اہم منطقی نتیجہ، برق۔مقناطیسی لہروں کا وجود ہے، جس سے ہم اگلے حصہ میں کیفیتی طور پر بحث کریں گے۔

میکسویل کی مساواتیں

1	(برق کے لیے گاس کا قانون)	$\oint \vec{E}\cdot d\vec{A} = Q/\varepsilon_0$
2	(مقناطیسیت کے لیے گاس کا قانون)	$\oint \vec{B}\cdot d\vec{A} = 0$
3	(فیراڈے کا قانون)	$\oint \vec{E}\cdot d\vec{l} = \frac{-d\Phi_B}{dt}$
4	(ایمپیر۔میکسویل قانون)	$\oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 i_c + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$

* ابھی بھی یہ دونوں مثالی (مکمل) طور پر متشاکل نہیں ہیں، مقناطیسی میدان کے کوئی معلوم وسیلے نہیں ہیں (مقناطیسی یک قطب) جو برقی میدان کے وسیلے برقی چارج کے مشابہ ہوں۔

© NCERT not to be republished

مثال 8.1: 1m نصف قطر دائری چادروں کے ایک متوازی چادر کی کپیسٹر کی صلاحیت InF ہے۔ t=0 پر اسے چارج کرنے کے لیے، R=1MΩ کے مزاحمہ کے ساتھ سلسلہ وار طرز میں، ایک 2V بیٹری کے سروں کے درمیان جوڑا جاتا ہے (شکل 8.3)۔ نقطہ P پر $t=10^{-3}s$ کے بعد مقناطیسی میدان کا حساب لگائیے۔ نقطہ P مرکز اور چادروں کے اندرونی محیط کے فاصلے کے نصف پر واقع ہے۔ [وقت t پر، کپیسٹر پر چارج ہے: $q(t) = CV\left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right]$ جہاں وقت مستقلہ τ، (CR) کے مساوی ہے۔

شکل 8.3

حل: سرکٹ کا وقت مستقلہ ہے: $\tau = CR = 10^{-3}$ s تب ہمارے پاس ہے۔

$$q(t) = CV\left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right]$$

$$= 2 \times 10^{-9}\left[1 - \exp\left(-\frac{t}{10^{-3}}\right)\right]$$

وقت t پر چادروں کے درمیانی علاقے میں برقی میدان ہے:

$$E = \frac{q(t)}{\varepsilon_0 A} = \frac{q}{\pi\varepsilon_0};\ A = \pi\,(1)^2\ m^2 = \text{چادروں کا رقبہ}$$

اب ایک نصف قطر $\frac{1}{2}m$ کا دائری لوپ لیجیے جو چادروں کے متوازی ہے اور P سے گذرتا ہے۔ لوپ کے ہر نقطہ پر مقناطیسی میدان $\vec{B}$ کی سمت لوپ کے ساتھ ساتھ ہے اور اس کی عددی قدر بھی یکساں ہے۔

اس لوپ سے گذرنے والا فلکس Φ_E:

$$\Phi_E = E \times \text{لوپ کا رقبہ} = E \times \pi \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{\pi E}{4} = \frac{q}{4\varepsilon_0}$$

نقل کرنٹ:

$$i_d = \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} = \frac{1}{4}\frac{dq}{dt} = 0.5 \times 10^{-6} \exp(-1)$$

($t = 10^{-3}$s پر)

اب لوپ پر، ایمپیر-میکسویل قانون لگانے پر:

$$B \times 2\pi \times \left(\frac{1}{2}\right) = \mu_0\left(i_c + i_d\right) = \mu_0\left(0 + i_d\right) = 0.5 \times 10^{-6}\ \mu_0\ \exp(-1)$$

$$B = 0.74 \times 10^{-13}\ T$$

مثال 8.1

8.3 برقی-مقناطیسی لہریں (Electromagnetic Waves)

8.3.1 برقی-مقناطیسی لہروں کے وسیلے (Sources of electromagnetic waves)

برق-مقناطیسی لہریں کیسے پیدا ہوتی ہیں؟ نہ ہی ساکن چارج اور نہ ہی یکساں حرکت کرتے ہوئے چارج (قائم کرنٹ) برق-مقناطیسی لہروں کے وسیلے ہوسکتے ہیں۔ اول الذکر صرف برق-سکونی میدان پیدا کرتا ہے، جب کہ آخر

© NCERT not to be republished

الذکر ایسا مقناطیسی میدان پیدا کرتا ہے جو وقت کے اتھ تبدیل نہیں ہوتا۔میکسویل کے نظریہ کا ایک اہم نتیجہ یہ ہے کہ اسراع شدہ چارج، برق۔مقناطیسی لہروں کا اشعاع کرتے ہیں۔اس بنیادی نتیجے کا ثبوت اس کتاب کے دائرہ کار سے باہر ہے لیکن ہم اسے ایک موٹے موٹے کیفیتی استدال کی بنا پر قبول کر سکتے ہیں۔ایک چارج تصور کیجیے جو کسی تعدد سے اہتزاز کر رہا ہے۔[ایک اہتزاز کرتا ہوا چارج، اسراع شدہ چارج کی ایک مثال ہے] یہ فضا میں ایک اہتزاز کرتا ہوا برقی میدان پیدا کرتا ہے جو ایک اہتزاز کرتا ہوا مقناطیسی میدان پیدا کرتا ہے اور یہ مقناطیسی میدان ایک اہتزاز کرتے ہوئے برقی میدان کا وسیلہ ہے اور اسی طرح اور آگے بھی۔اس طرح ہم کہہ سکتے ہیں کہ یہ اہتزاز کرتے ہوئے برقی میدان اور مقناطیسی میدان ایک دوسرے کو دوبارہ پیدا کرتے رہتے ہیں جب کہ لہر فضا میں سفر کرتی ہے۔برق۔مقناطیسی لہر کا تعدد، قدرتی بات ہے کہ، چارج کے اہتزازات کے تعدد کے مساوی ہوتا ہے۔سفر کر رہی لہر کے ساتھ منسلک توانائی، توانائی کے وسیلے۔اسراع شدہ چارج۔کی توانائی کے خرچ ہونے کی بنا پر ہوتی ہے۔

مندرجہ بالا بحث سے ہو سکتا ہے کہ یہ پیشین گوئی جانچنا آسان معلوم ہو کہ روشنی ایک برق۔مقناطیسی لہر ہے۔آپ شاید یہ سوچ رہے ہوں کہ ہمیں صرف اتنا کرنا ہوگا کہ ایک ایسا ac سرکٹ تیار کریں جو بصری روشنی، فرض کیا پیلی روشنی، کے تعدد کے ساتھ اہتزاز کرتا ہو۔لیکن افسوس، یہ ممکن نہیں ہے۔پیلی روشنی کا تعدد تقریباً 6×10^{14} Hz ہے لیکن وہ تعدد جو ہم جدید الیکٹرونک سرکٹوں کی مدد سے حاصل کر سکتے ہیں، اس کی زیادہ سے زیادہ قدر 10^{11} Hz ہے۔اسی لیے برق۔مقناطیسی لہروں کا تجرباتی مظاہرہ نچلے تعدد علاقے میں ہی کیا جا سکتا تھا (ریڈیو تعدد کے علاقے میں)، جیسا کہ ہرٹز کے تجربے (1887) میں کیا گیا۔

ہرٹز کے ذریعے میکسویل کے نظریے کی کی گئی کامیاب تجرباتی جانچ نے ایک سنسنی پھیلا دی اور اس میدان میں دوسرے اہم کام کیے جانے شروع ہو گئے۔ان میں سے دو کامیابیاں خاص طور پر قابل ذکر ہیں۔ہرٹز کے 7 سال بعد، کلکتہ (جواب کولکتہ ہے) میں کام کرتے ہوئے، جگدیش چندر بوس نے اس سے کہیں کم طول موج (25mm سے 5mm) کی برق۔مقناطیسی لہروں کو پید کرنے اور ان کا مشاہدہ کرنے میں کامیابی حاصل کی۔ان کے تجربات بھی، ہرٹز کے تجربات کی طرح تجربہ گاہ تک محدود رہے۔

تقریباً اسی زمانے میں، اٹلی میں گوگ لیلمو مارکونی نے ہرٹز کے کام کو آگے بڑھایا اور برق۔مقناطیسی لہروں کی کئی کلومیٹر کے فاصلے تک ترسیل کرنے میں کامیابی حاصل کی۔مارکونی کے تجربات، برق۔مقناطیسی لہروں کے استعمال کے ذریعے ترسیل کے میدان کی شروعات ہیں۔

8.3.2 برقی۔مقناطیسی لہروں کی طبع

میکسویل کی مساواتوں سے یہ ظاہر کیا جا سکتا ہے کہ ایک برق۔مقناطیسی لہر میں برقی اور مقناطیسی میدان، ایک دوسرے پر عمود ہوتے ہیں اور اشاعت کی سمت پر بھی عمود ہوتے ہیں۔یہ قابل فہم معلوم ہوتا ہے، مثلاً ہماری نقل کرنٹ پر بحث سے بھی یہی نتیجہ اخذ کیا جا سکتا ہے۔شکل 8.2 دیکھیے۔کپیسٹر کی چادروں کے درمیان (اندر کی طرف) برقی میدان کی سمت چادروں پر عمود ہے۔یہ جس مقناطیسی میدان کو، نقل کرنٹ کے ذریعے، پیدا کرتا ہے وہ کپیسٹر کی چادروں کے متوازی ایک

ہینرک رڈولف ہرٹز (1894—1857)
جرمن طبیعات داں، جو ریڈیو لہروں کو نشر کرنے والے اور وصول کرنے والے پہلے شخص تھے۔ انھوں نے برق-مقناطیسی لہریں پیدا کیں، انھیں فضا میں بھیجا اور ان کے طول موج اور ان کی رفتار کی پیمائش کی۔ انھوں نے دکھایا کہ ان کے ارتعاش کی طبع، ان کا انعکاس اور انعطاف، روشنی اور حرارت کی لہروں جیسے ہی تھے، اور اس طرح پہلی بار ان کی شناخت کو تسلیم کروایا۔ انھوں نے گیسوں میں سے برق کے ڈسچارج کی تحقیق میں بھی رہنمایانہ حصہ لیا اور نور-برقی اثر دریافت کیا۔

دائرہ کے محیط کی جانب ہے۔ اس طرح اس صورت میں $\vec{B}$ اور $\vec{E}$ ایک دوسرے پر عمود ہیں۔ یہ ایک عمومی خاصیت ہے۔

شکل 8.4 میں ایک مسطح برق-مقناطیسی لہر کی مخصوص مثال دکھائی گئی ہے، جو z-سمت میں حرکت کر رہی ہے (میدانوں کو، ایک دیے ہوئے وقت z کو آرڈی نیٹ کے تفاعل کے بطور دکھایا گیا ہے)۔ برقی میدان E_x، x-محور کی سمت میں ہے اور ایک دیے ہوئے وقت پر z کے ساتھ سائن خم نما طور پر تبدیل ہوتا ہے۔ مقناطیسی میدان B_y، y-محور کی جانب ہے اور یہ بھی z کے ساتھ سائن خم نما طور پر تبدیل ہوتا ہے۔ برقی اور مقناطیسی میدان، E_x اور B_y ایک دوسرے پر عمود ہیں اور لہر کی حرکت کرنے کی سمت z پر بھی عمود ہیں۔

ہم E_x اور B_y کو مندرجہ ذیل شکل میں لکھ سکتے ہیں:

$$E_x = E_0 \sin (kz - \omega t) \qquad [8.7(a)]$$

$$B_y = B_0 \sin (kz - \omega t) \qquad [8.7(b)]$$

یہاں k اور لہر کے طول موج λ میں رشتہ ہے:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \qquad (8.8)$$

اور ω زاوایائی تعدد ہے۔ k، لہر سمتیہ (یا اشاعت سمتیہ) $\vec{K}$ کی عددی قدر ہے۔ اور اس کی سمت لہر کی اشاعت کی سمت بتاتی ہے۔ لہر کی اشاعت کی چال $\left(\frac{\omega}{k}\right)$ ہے۔ مساوات 8.7(a)، مساوات 8.7(b) اور میکسویل کی مساواتوں کو استعمال کر کے، ہم حاصل کر سکتے ہیں:

$$\omega = ck \qquad [8.9(a)]$$

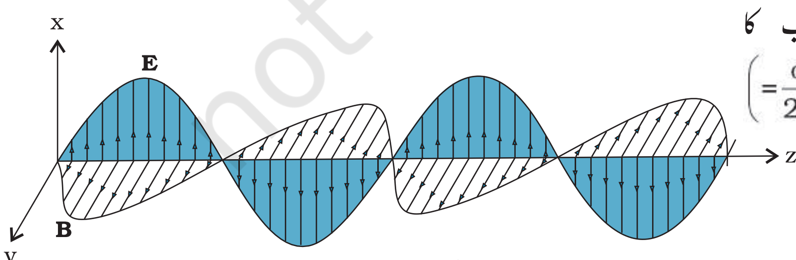
جہاں $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$

رشتہ w=ck، لہروں کے لیے ایک معیاری رشتہ ہے (مثال کے طور پر، درجہ XI کی طبیعات کی درسی کتاب کا حصہ 15.4 دیکھیے)۔ یہ رشتہ عام طور سے تعدد v $\left(=\frac{\omega}{2\pi}\right)$ اور طول لہر λ $\left(=\frac{2\pi}{k}\right)$ کی شکل میں ایسے لکھا جاتا ہے:

$$2\pi v = c\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)$$

یا

$$v\lambda = c \qquad [8.9(b)]$$



شکل 8.4: ایک خطی طور پر پرتقطیب شدہ برق مقناطیسی لہر جو اہتزاز کرتے ہوئے برقی میدان (x سمت کی جانب) اور اہتزاز کرتے ہوئے مقناطیسی میدان (y-سمت کی جانب) کے ساتھ z-سمت میں حرکت کر رہی ہے۔

© NCERT not to be republished

میکسویل کی مساواتوں سے یہ بھی معلوم ہوتا ہے کہ ایک برق-مقناطیسی لہر میں برقی اور مقناطیسی میدانوں کی عددی قدروں کے مابین رشتہ ہے:

$$B_0 = \left(\frac{E_0}{c}\right) \qquad (8.10)$$

یہاں ہم برق-مقناطیسی لہروں کی اہم خاصیتوں پر کچھ تبصرہ کرتے ہیں۔ یہ لہریں آزاد فضا یا خلا میں خود کو برقرار رکھ سکنے والے، برقی ومقناطیسی میدانوں کے، اہترازات ہیں۔ یہ ان تمام لہروں سے، جن کا ہم اب تک مطالعہ کر چکے ہیں، اس لحاظ سے مختلف ہیں کہ برقی ومقناطیسی میدانوں کے ارتعاشات (vibrations) میں کوئی واسطہ شامل نہیں ہے۔ ہوا میں پیدا ہونے والی ''آواز کی لہریں'' داب (Compression) اور تلطیف (rarefaction) کی طولی لہریں ہیں۔ عرضی لچکیلی (آواز) لہروں کی اشاعت ایک ٹھوس شے میں بھی ہو سکتی ہے جو کہ سخت ہوتی ہے اور تحریف کی مدافعت (مزاحمت، روک سکنا) کر سکتی ہے۔ انیسویں صدی کے سائنسداں اس میکانیکی تصویر کے اتنے عادی ہو چکے تھے کہ انھوں نے سوچا کہ ایسا کوئی واسطہ ضرور ہونا چاہیے جو پوری فضا اور تمام مادے میں پھیلا ہوا ہو اور جو کہ برقی اور مقناطیسی میدانوں سے اسی طرح متاثر ہوتا ہو جیسے کہ کوئی بھی لچکیلا واسطہ ہوتا ہے۔ انھوں نے اس واسطہ کو ایتھر (Ether) کا نام دیا۔ انھیں اس واسطے کے حقیقی ہونے کا اتنا یقین تھا کہ سر آرتھر کونن ڈوئل (مشہور جاسوس شرلاک ہومز کے خالق) نے ''دی پوائزن بیلٹ (the Poison belt) نام کا ایک ناول بھی لکھا جس میں شمسی نظام کو ایتھر کے زہریلے علاقے سے گذرتا ہوا تصور کیا گیا ہے۔ اب ہم یہ تسلیم کرتے ہیں کہ ایسے کسی واسطے کی ضرورت نہیں ہے۔ مائکلسن اور مورلے کے 1887 میں کیے گئے مشہور تجربے نے ایتھر کے مفروضے کو قطعی طور پر غلط ثابت کر دیا۔ وقت اور فضا میں اہترازات کرتے ہوئے برقی ومقناطیسی میدان خلا میں ایک دوسرے کو برقرار رکھ سکتے ہیں۔

لیکن کیا ہوگا اگر ایک مادی واسطہ واقعی موجود ہو؟ ہم جانتے ہیں کہ روشنی، جو ایک برق-مقناطیسی لہر ہے، شیشے میں سے گذرتی ہے۔ ہم پہلے سیکھ چکے ہیں کہ ایک واسطے میں کل برقی اور مقناطیسی میدان برقی سرایت پذیری ε اور مقناطیسی سرایت پذیری μ کی شکل میں بیان کیے جاتے ہیں (یہ ان جز ضربی کو بیان کرتے ہیں جن سے کل میدان، باہری میدانوں سے مختلف ہوتے ہیں)۔ یہ میکسویل مساواتوں کے ذریعے بیان کیے جانے والے برقی اور مقناطیسی میدانوں میں ε_0 اور μ_0 کی جگہ لے لیتے ہیں، جس کے نتیجے میں ایک برقی سرایت پذیری ε اور مقناطیسی سرایت پذیر μ کے واسطے کے لیے، روشنی کی رفتار ہو جاتی ہے:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}} \qquad (8.11)$$

اس لیے، روشنی کی رفتار، واسطے کی برقی اور مقناطیسی خاصیتوں پر منحصر ہے۔ ہم اگلے باب میں پڑھیں گے کہ ایک واسطے کا دوسرے واسطے کی مناسبت سے انعطاف نما، دونوں واسطوں میں روشنی کی رفتاروں کی نسبت کے مساوی ہے۔

© NCERT not to be republished

برقی-مقناطیسی لہریں

آزاد فضا یا خلا میں برق-مقناطیسی لہروں کی رفتار ایک اہم اساسی مستقلہ ہے۔مختلف طول موج کی برق-مقناطیسی لہروں پر کیے گئے تجربات سے یہ ثابت ہوگیا ہے کہ یہ رفتار یکساں ہے (طول موج کے تابع نہیں ہے) اور فرق اس کی قدر 3×10^8 m/s میں چند میٹر فی سیکنڈ سے زیادہ نہیں ہے۔خلا میں برق-مقناطیسی لہروں کی مستقلیت ،تجربات سے اتنی اچھی طرح ثابت ہوجاتی ہے اور اس کی اصل قدر اتنی درستی صحت کے ساتھ معلوم ہے کہ اسے لمبائی کے معیار کی تعریف کرنے کے لیے استعمال کیا جاتا ہے۔یعنی کہ، اب میٹر کی تعریف اس طرح کی جاتی ہے کہ میٹر وہ لمبائی ہے جو روشنی خلا میں سیکنڈ یعنی $(2.99792458 \times 10^8)^{-1}$ s سیکنڈ میں طے کرتی ہے۔ایسا مندرجہ ذیل وجہ سے کیا جاتا ہے۔وقت کی بنیادی اکائی کو کسی ایٹمی تعدد یعنی کہ ایک خاص عمل میں ایک ایٹم سے خارج کی گئی روشنی کا تعدد، کی شکل میں بے حد درستی صحت کے ساتھ معرف کیا جاسکتا ہے۔لمبائی کی بنیادی اکائی کو براہِ راست طور پر اتنی درستی صحت کے ساتھ معرف کرپانا مقابلتاً مشکل ہے۔c کی تمام شروعاتی پیمائشوں میں c کی قدر 2.9979246×10^8 m/s کے قریب ہی دریافت ہوئی۔کیونکہ c اتنا زیادہ متعین عدد ہے، لمبائی کی اکائی کو c اور وقت کی اکائی کی شکل میں معرف کیا جاسکتا ہے۔

ہرٹز نے نہ صرف برق-مقناطیسی لہروں کے وجود کا تجرباتی مظاہرہ کیا، بلکہ اپنے تجربات سے یہ مظاہرہ بھی کردکھایا کہ وہ لہریں، جن کا طول موج، روشنی کے طول موج کا دس دس لاکھ گنا ہوتا ہے، ان کا انصراف (Diffraction) ، انعکاس (Reflection) اور تقطیب (Polarisation) بھی ممکن ہے۔اس طرح انھوں نے شعاعوں کی لہری طبع کو پورے طور پر ثابت کردیا۔مزید، یہ کہ انھوں نے ساکن برق-مقناطیسی لہریں پیدا کیں اور ان کے دولگاتار نوڈوں کے درمیان فاصلہ معلوم کرکے ان کا طول لہریں معلوم کیا۔کیونکہ لہر کا تعدد معلوم تھا (کیونکہ یہ اہتزاز کار کے تعدد کے مساوی ہے)، اس لیے فارمولہ $v=\nu\lambda$ استعمال کرکے انھوں نے لہروں کی چال معلوم کی اور یہ پایا کہ یہ لہریں اسی چال سے سفر کرتی ہیں جو روشنی کی چال ہے۔

یہ حقیقت کہ برق-مقناطیسی لہریں تقطیب شدہ ہوتی ہیں، ایک نقل پذیر (جس کو اٹھا کر لے جایا جاسکے Portable) AM ریڈیو کے ایک ریڈیو اسٹیشن کے نشریے سے متاثر ہونے کے ذریعے بہ آسانی سمجھا جاسکتا ہے۔اگر ایک AM ریڈیو میں ایک دوربینی انٹینا لگا ہوتا ہے تو یہ ریڈیو سگنل کے برقی جز سے متاثر ہوتا ہے۔انٹینا کو افقی سمت میں رکھا جاتا ہے تو سگنل بہت کم موصول ہوتے ہیں۔کچھ نقل پذیر ریڈیو سیٹوں میں افقی انٹینا لگے ہوتے ہیں (یہ عام طور سے ریڈیو کے کیس کے اندر ہوتے ہیں)، جو برق-مقناطیسی لہر کے مقناطیسی جز سے متاثر ہوتے ہیں۔ایسے ریڈیو کو، سگنلوں کو وصول کرنے کے لیے افقی سمت میں رکھنا ضروری ہوجاتا ہے۔ایسی صورتوں میں، ریڈیو سے حاصل ہونے والی آواز، نشر کررہے اسٹیشن کی مناسبت سے ریڈیو سیٹ کی تشریق پر بھی منحصر ہوتی ہے۔

کیا دوسری لہروں کی طرح، برق-مقناطیسی لہر میں بھی توانائی اور معیارِ حرکت ہوتے ہیں؟ جی ہاں، ہوتے ہیں۔ہم

not to be republished © NCERT

باب (2) میں سیکھ چکے ہیں کہ آزاد فضا کے اس علاقے میں، جہاں ہموار برقی میدان $\vec{E}$ ہے، وہاں ایک توانائی کثافت $\frac{\varepsilon_0 E^2}{2}$ ہے۔ اسی طرح باب 6 میں ہم نے سیکھا تھا کہ مقناطیسی میدان $\vec{B}$ سے منسلک مقناطیسی توانائی کثافت $\left(\frac{B^2}{2\mu_0}\right)$ ہے۔ کیونکہ ایک برق۔مقناطیسی لہر کے برقی اور مقناطیسی دونوں میدان ہوتے ہیں، اس لیے اس سے ایک غیر صفر توانائی کثافت منسلک ہے۔ اب ایک برق۔مقناطیسی لہر کی اشاعت کی سمت کے عمود ایک مستوی لیجیے (شکل 8.4) اب اگر اس مستوی پر، برقی چارج ہیں تو برق۔مقناطیسی لہروں کے برقی اور مقناطیسی میدان انھیں متحرک کر دیں گے اور ان کی حرکت کو برقرار رکھیں گے۔ اس طرح چارج، لہر سے توانائی اور معیار حرکت حاصل کر لیتے ہیں۔ یہ اس بات کو ظاہر کرتا ہے کہ ایک برق۔مقناطیسی لہر میں (دوسری لہروں کی طرح) توانائی اور معیارِ حرکت ہوتے ہیں۔ کیونکہ اس میں معیارِ حرکت ہوتا ہے، اس لیے ایک برق۔مقناطیسی لہر دباؤ بھی ڈالتی ہے جو اشعاع دباؤ کہلاتا ہے۔

اگر وقت t میں ایک سطح کو منتقل ہوئی کل توانائی U ہے، تو یہ ثابت کیا جا سکتا ہے کہ اس سطح کو دی گئی، کل معیارِ حرکت کی عددی قدر (مکمل جذبیت (absorption) کے لیے) ہے:

$$p = \frac{U}{c} \qquad (8.12)$$

جب آپ کے ہاتھ پر دھوپ پڑتی ہے تو آپ برق۔مقناطیسی لہروں سے توانائی جذب ہوتی ہوئی محسوس کرتے ہیں (آپ کا ہاتھ گرم ہو جاتا ہے)۔ برق۔مقناطیسی لہریں آپ کے ہاتھ کو معیارِ حرکت بھی منتقل کرتی ہیں، لیکن کیونکہ c کی قدر بہت زیادہ ہے، منتقل ہونے والے معیار حرکت کی مقدار اتنی زیادہ قلیل ہوتی ہے کہ آپ دباؤ محسوس نہیں کرتے۔ 1903 میں، امریکن سائنس دانوں، نکولس اور ہل نے بصری روشنی کے اشعاع پر دباؤ کو ناپنے میں کامیابی حاصل کی اور مساوات (8.2) کی تجرباتی تصدیق کی۔ یہ $7 \times 10^{-6}\ \text{N/m}^2$ کے درجے کا پایا گیا۔ اس لیے، $10\,cm^2$ کے ایک سطحی رقبہ پر، اشعاع کی وجہ سے قوت صرف تقریباً 7×10^{-9} N ہے۔

برق۔مقناطیسی لہروں کی اتنی زیادہ تکنیکی اہمیت ان کی، ایک مقام سے دوسرے مقام تک توانائی لے جا سکنے کی اہلیت کی وجہ سے ہے۔ ریڈیو اور ٹی.وی. پروگرام نشر کرنے والے اسٹیشنوں سے بھیجے جانے والے سگنلوں میں توانائی ہوتی ہے۔ روشنی، سورج سے زمین تک توانائی پہنچاتی ہے اور اس طرح زمین پر زندگی کو ممکن بناتی ہے۔

مثال 8.2: ایک مسطح برق۔مقناطیسی لہر، جس کا تعدد 25MHz ہے، x۔سمت میں آزاد فضا میں سفر کرتی ہے۔ وقت اور فضا کے ایک خاص نقطے پر، $\vec{E} = 6.3\,\hat{j}$ V/m، اس نقطہ پر $\vec{B}$ کیا ہے؟

حل: مساوات (8.10) استعمال کرتے ہوئے، $\vec{B}$ کی عددی قدر ہے:

$$B = \frac{E}{c}$$

$$= \frac{6.3\,\text{V/m}}{3 \times 10^8\ \text{m/s}} = 2.1 \times 10^{-8}\ \text{T}$$

مثال 8.2

مثال 8.2

سمت معلوم کرنے کے لیے، ہم نوٹ کرتے ہیں کہ $\vec{E}$، y-سمت میں ہے اور لہر x-سمت میں سفر کر رہی ہے۔ اس لیے $\vec{B}$ کو ایسی سمت میں ہونا چاہیے جو x-محور اور y-محور دونوں پر عمود ہو۔ سمتیہ الجبرا استعمال کرتے ہوئے، $\vec{E}\times\vec{B}$ کو x-سمت میں ہونا چاہیے۔ کیونکہ: $(+\hat{\mathbf{j}}) \times (+\hat{\mathbf{k}}) = \hat{\mathbf{i}}$، $\vec{B}$، z-سمت میں ہے۔ اس لیے،

$$\vec{B} = 2.1 \times 10^{-8}\ \hat{\mathbf{k}}\ T$$

مثال 8.3: ایک مسطح برق-مقناطیسی لہر کا مقناطیسی میدان دیا جاتا ہے:

$$B_y = (2 \times 10^{-7}) T \sin(0.5\times10^{3}x + 1.5\times10^{11}t)\ T$$

(a) لہر کا طول لہر اور لہر کا تعدد معلوم کیجیے۔

(b) برقی میدان کے لیے ایک ریاضیاتی عبارت لکھیے۔

حل: (a) دی ہوئی مساوات کا مقابلہ، مندرجہ ذیل مساوات سے کرنے پر:

$$B_y = B_0 \sin\left[2\pi\left(\frac{x}{\lambda} + \frac{t}{T}\right)\right]$$

ہمیں حاصل ہوتا ہے: $\lambda = \frac{2\pi}{0.5\times10^{3}} m = 1.26\ cm$

اور

$$\frac{1}{T} = \nu = (1.5\times10^{11})/2\pi = 23.9\ GHz$$

(b) $E_0 = B_0 c = 2\times10^{-7}\ T \times 3\times10^{8}\ m/s = 6\times10^{1}\ V/m$

برقی میدان جز اشعاع کی سمت اور مقناطیسی میدان کی سمت پر عمود ہے، اس لیے z-سمت میں برقی میدان جز حاصل ہوتا ہے: $E_z = 60 \sin(0.5\times10^{3}x + 1.5\times10^{11}t)\ V/m$

مثال 8.3

مثال 8.4: $18\ W/cm^2$ توانائی فلکس کی روشنی ایک غیر انعکاسی سطح پر عمودی وقوع کے ساتھ پڑتی ہے۔ اگر سطح کا رقبہ $20\ cm^2$ ہو تو 30 منٹ کے وقفہ وقت میں سطح پر لگائی گئی اوسط قوت معلوم کیجیے۔

حل: سطح پر پڑ رہی کل توانائی

$$U = (18\ W/cm^2)\times(20\ cm^2)\times(30\times60)$$
$$= 6.48\times10^{5}\ J$$

اس لیے منتقل ہوا کل معیارِ حرکت (مکمل انجذاب کے لیے) ہے:

$$P = \frac{U}{c} = \frac{6.48\times10^{5}J}{3\times10^{8}m/s} = 2.16\times10^{-3}\ kg\ m/s$$

سطح پر لگائی گئی اوسط قوت ہے:

$$F = \frac{p}{t} = \frac{2.16\times10^{-3}}{0.18\times10^{4}} = 1.2\times10^{-6} N$$

آپ کے نتیجے میں کیا تبدیلی ہوگی اگر سطح مثالی انعکاس کار ہو۔

مثال 8.4

© NCERT not to be republished

مثال 8.5: 100W بلب سے نکل رہی شعاعوں کے ذریعے، 3m فاصلے پر پیدا ہوئے برقی اور مقناطیسی میدان کا حساب لگائیے۔ مان لیجیے کہ بلب کی استطاعت 2.5% ہے اور یہ ایک نقطہ وسیلہ ہے۔

حل: بلب، نقطہ وسیلہ ہوتے ہوئے، ہر سمت میں روشنی کا ہموار اشعاع کرتا ہے۔ 3m کے فاصلے پر، گھیرنے والے کرہ کا سطحی رقبہ ہے۔

$$A = 4\pi r^2 = 4\pi(3)^2 = 113\,\text{m}^2$$

اس فاصلہ پر شدت (intensity) ہے:

$$I = \frac{\text{پاور}}{\text{رقبہ}} = \frac{100\,\text{W} \times 2.5\%}{113\,\text{m}^2}$$

$$= 0.022\,\text{W/m}^2$$

اس شدت کا نصف برقی میدان مہیا کرتا ہے اور نصف مقناطیسی میدان۔

$$\frac{1}{2}I = \frac{1}{2}\left(\varepsilon_0 E_{rms}^2 c\right)$$

$$= \frac{1}{2}\left(0.022\,\text{W/m}^2\right)$$

$$E_{rms} = \sqrt{\frac{0.022}{\left(8.85\times10^{-12}\right)\left(3\times10^{8}\right)}}\,\text{V/m}$$

$$= 2.9\,\text{V/m}$$

اوپر معلوم کی گئی E کی قدر، برقی میدان کی rms قدر ہے۔ کیونکہ ایک روشنی کی بیم میں برقی میدان سائن خم ہوتا ہے، فراز برقی میدان E_0 ہے:

$$E_0 = \sqrt{2}E_{rms} = \sqrt{2}\times 2.9\,\text{V/m}$$

$$= 4.07\,\text{V/m}$$

اس طرح آپ دیکھ سکتے ہیں کہ آپ پڑھنے کے لیے جو روشنی استعمال کرتے ہیں، اس کے برقی میدان کی طاقت اچھی خاصی زیادہ ہوتی ہے۔ اس کا مقابلہ TV یا FM لہروں کے برقی میدان کی طاقت سے کیجیے جو چند مائیکرو وولٹ فی میٹر کے درجہ کی ہوتی ہے۔

اب ہم مقناطیسی میدان کی طاقت کا حساب لگاتے ہیں:

$$B_{rms} = \frac{E_{rms}}{c} = \frac{2.9\ \text{V m}^{-1}}{3\times10^{8}\,\text{m s}^{-1}} = 9.6\times10^{-9}\ \text{T}$$

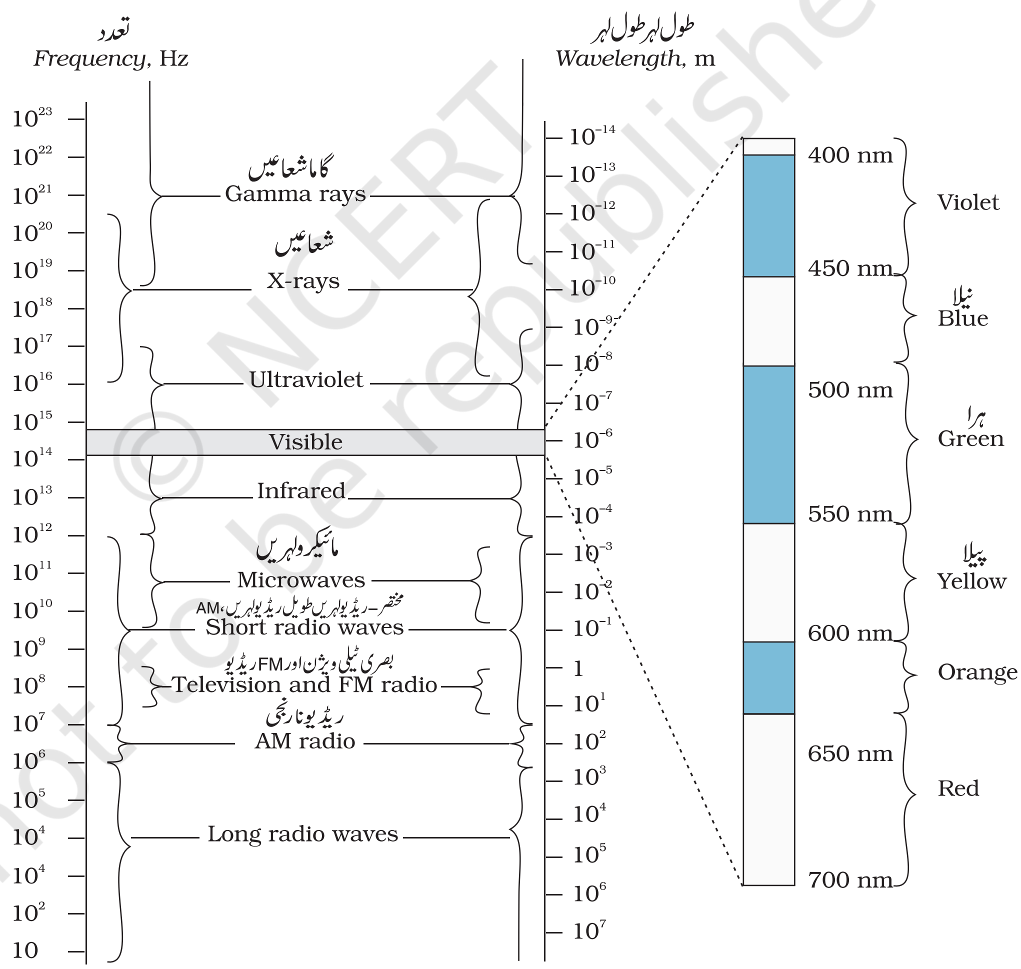
پھر، کیونکہ روشنی کی بیم میں میدان سائن خم نما ہے، فراز مقناطیسی میدان ہے: $B_0 = \sqrt{2}\ B_{rms} = 1.4\times10^{-8}\text{T}$ نوٹ کریں کہ حالانکہ مقناطیسی میدان میں توانائی، برقی میدان میں توانائی کے مساوی ہوتی ہے، مقناطیسی میدان کی طاقت بظاہر بہت کمزور ہوتی ہے۔

مثال 8.5

© NCERT not to be republished

8.4 برقی-مقناطیسی طیف (Electromagnetic Spectrum)

جس وقت میکسویل نے برقی-مقناطیسی لہروں کے وجود کی پیشین گوئی کی،اس وقت تک جن برقی-مقناطیسی لہروں سے واقفیت حاصل تھی وہ صرف بصری روشنی لہریں ہی تھیں۔ بالا بنفشئی اور زیریں سرخ (infrared) لہروں کی موجودگی کے بارے میں بس معلوم ہی ہوا تھا۔انیسویں صدی کے آخر تک x-شعاعیں اور γ-شعاعیں بھی دریافت کی جا چکی تھیں۔اب ہم جانتے ہیں کہ برقی-مقناطیسی لہروں میں،بصری روشنی کی لہریں،X-شعاعیں،گاما-شعاعیں،ریڈیو لہریں،مائیکرو لہریں بالا بنفشئی اور زیریں سرخ لہریں شامل ہیں۔تعدد کے لحاظ سے،برقی-مقناطیسی لہروں کی درجہ بندی برقی-مقناطیسی طیف ہے(شکل 8.5)۔ایک قسم کی لہر اور اس کے بعد آنے والی لہر میں کوئی واضح تقسیم نہیں ہے۔یہ درجہ بندی موٹے طور سے اس پر مبنی ہے کہ لہریں کیسے پیدا ہوتی ہیں یا/اور کیسے شناخت کی جاتی ہیں۔



شکل 8.5: برقی-مقناطیسی طیف،اپنے مختلف حصوں کے عام ناموں کے ساتھ۔مختلف علاقوں کی حدیں واضح نہیں ہیں۔

not to be republished © NCERT

8.4.1 ریڈیو لہریں: ہم طول لہر کی نزولی ترتیب میں، برق مقناطیسی لہروں کی ان مختلف قسموں کو مختصراً بیان کرتے ہیں:

ریڈیو لہریں، ایصالی تاروں میں چارجوں کی اسراع پذیر حرکت سے پیدا ہوتی ہیں۔ یہ ٹیلی ویژن اور ریڈیو ترسیلی نظاموں میں استعمال کی جاتی ہیں۔ یہ عام طور سے 500KHz سے تقریباً 1000MHz کی تعدد سعت میں ہوتی ہیں۔ AM (وسعت تلحسین (Amplitude Modulation) پٹی 530KHz سے 1710KHz تک ہوتی ہے۔ اس سے زیادہ 54MHz تک، کے تعدد مختصر لہر پٹیوں (Short wave bands) کے لیے استعمال ہوتے ہیں۔ TV لہروں کی سعت 54MHz سے 890MHz تک ہوتی ہے۔ FM (تعدد تلحسین Frequency Modulation) ریڈیو پٹی 88MHz سے 108MHz تک پھیلی ہوتی ہے۔ سیل فونوں میں، بالا اعلیٰ تعدد پٹی میں آواز کی ترسیل کے لیے ریڈیو لہریں استعمال ہوتی ہیں۔ یہ لہریں کیسے بھیجی اور وصول کی جاتی ہیں، اسے باب 15 میں بیان کیا گیا ہے۔

8.4.2 مائیکرو لہریں

مائیکرو لہریں (مختصر طول لہر ریڈیو لہریں)، جن کے تعدد گیگا ہرٹز (GHz) کی سعت میں ہوتے ہیں مخصوص خلا کی ہوائی نلیوں [جو کلسٹر ان (Klystron)، میگنیٹر ان (Magnetron) اور گن ڈایوڈ (Gun Diode) کہلاتی ہیں] کے ذریعے پیدا کی جاتی ہیں۔ اپنی مختصر طول لہر کی وجہ سے یہ ہوائی جہاز رانی میں استعمال ہونے والے راڈار نظاموں کے لیے مناسب ہیں۔ راڈار (Radar)، تیز رفتار گیندوں، ٹینس سروس اور گاڑیوں کی رفتار معلوم کرنے والی اسپیڈ گنوں کے لیے بھی بنیاد فراہم کرتے ہیں۔ مائیکرو ویو اوون (چولھے) ان لہروں کا دلچسپ گھریلو استعمال ہے۔ ان چولھوں میں، مائیکرو لہروں کا تعدد اس طرح منتخب کیا جاتا ہے کہ وہ پانی کے مالیکیولوں کے گمک تعدد سے میل کا ہوتا کہ لہروں سے توانائی، مالیکیولوں کی حرکی توانائی کو، استطاعت کے ساتھ منتقل ہو سکے۔ اس طرح ہر اس خوردنی شے (کھانے کی چیز) کے درجہ حرارت میں اضافہ ہو جاتا ہے، جس میں پانی موجود ہوتا ہے۔

مائیکرو ویو چولھے (Microwave oven)

برق۔مقناطیسی لہروں کے طیف میں ایک حصہ ''مائیکرو لہریں'' کہلاتا ہے۔ ان لہروں کا تعدد اور توانائی، بصری روشنی سے کم ہوتے ہیں اور ان کی طول لہر، بصری روشنی سے زیادہ ہوتی ہے۔ ایک مائیکرو ویو اوون کا اصول کیا ہے اور یہ کیسے کام کرتا ہے؟

ہمارا مقصد کھانا پکانا یا کھانا گرم کرنا ہے۔ ہر کھانے کی شے، جیسے پھل، سبزیاں، گوشت، اناج وغیرہ میں پانی بطور جز ترکیبی شامل ہوتا ہے۔ اب جب ہم کہتے ہیں کہ کوئی شے پہلے سے زیادہ گرم ہو گئی ہے، تو اس کا کیا مطلب ہوتا ہے؟ جب ایک شے کے درجہ حرارت میں اضافہ ہوتا ہے تو مالیکیولوں اور ایٹموں کی بالترتیب حرکت کی توانائی میں اضافہ ہوتا ہے اور مالیکیول مقابلتاً زیادہ توانائی کے ساتھ حرکت کرنے یا ارتعاش کرنے یا گردش کرنے لگتے ہیں۔ پانی کے مالیکیولوں کا گردشی تعدد تقریباً 245 کروڑ ہرٹز ہے، یعنی 2.45 گیگا ہرٹز (GHz)۔ اگر پانی کو اس تعدد کی مائیکرو لہریں موصول ہوتی ہیں تو اس کے مالیکیول ان لہروں کو جذب کر لیتے ہیں، جو کہ پانی کو گرم کرنے کے مترادف ہے۔ پانی کے مالیکیول اس توانائی کو اپنے پڑوسی غذا

© NCERT not to be republished

کے مالیکیولوں کے ساتھ بانٹتے ہیں،اوراس طرح کھانا گرم ہوجاتا ہے۔

ایک مائیکروویواوون میں ہمیں پورسیلن کے برتن اس طور پر متاثر نہیں ہوتے اور ٹھنڈے بھی رہتے ہیں، کیونکہ ان کے مالیکیول بڑے ہونے کی وجہ سے برتن استعمال کرنے چاہئیں، دھاتوں کے برتن نہیں، کیونکہ اکٹھا ہوئے برقی چارج کی وجہ سے برقی جھٹکا لگنے کا خطرہ ہوسکتا ہے۔دھاتیں گرم کرنے پر پگھل بھی سکتی ہیں۔پورسلین سے کہیں کم تعداد کے ساتھ ارتعاش اور گردش کرتے ہیں،اس لیے مائیکرولہروں کو جذب نہیں کرپاتے اور گرم نہیں ہوتے۔اس لیے ایک ''مائیکروویواوون'' کا بنیادی اصول یہ ہے کہ جہاں اوون میں کھانا رکھا جاتا ہے،اسی علاقے میں مناسب تعدد کی مائیکروویو شعاعیں پیدا کی جائیں۔اس طرح سے برتن کو گرم کرنے میں توانائی ضائع نہیں ہوتی۔گرم کرنے کے روایتی طریقے میں پہلے چولھے پر رکھا ہوا برتن گرم ہوتا ہےاور پھر برتن سے توانائی کھانے کی شے میں منتقل ہوتی ہےاوراسے گرم کرتی ہے۔دوسری طرف، مائیکروویواوونوں میں توانائی پانی کے مالیکیولوں کو براہِ راست فراہم کی جاتی ہے جو پورے کھانے میں تقسیم ہوتی ہے۔

8.4.3 زیریں سرخ لہریں (Infrared waves)

زیریں سرخ لہریں، گرم اجسام اور مالیکیول پیدا کرتے ہیں۔یہ پٹی (بینڈ)، بصری طیف کے کم تعدد یا طویل-طولِ موج والے سرے سے متصل ہوتا ہے۔زیریں سرخ شعاعوں کو کبھی کبھی حرارتی شعاعیں بھی کہاجاتا ہے۔ایسا اس لیے ہے، کیونکہ زیادہ تر مادی اشیا میں پائے جانے والے پانی کے مالیکیول بآسانی زیریں سرخ لہروں کو جذب کرلیتے ہیں (بہت سے دوسرے مالیکیول، جیسے، CO_2 ، NH_3 بھی زیریں سرخ لہریں جذب کرتے ہیں)۔جذب کرنے کے بعد،ان کی حرارتی حرکت میں اضافہ ہوتا ہے،یعنی کہ وہ خود گرم ہوجاتے ہیں اور اردگرد کے ماحول کو بھی گرم کرتے ہیں۔زیریں سرخ لیمپ طبعی طریقہ علاج میں استعمال ہوتے ہیں۔زیریں سرخ شعاعیں،زمین کی گرمی یا اوسط درجہ حرارت کو،سبز گھر اثر کے ذریعے، برقرار رکھنے میں اہم کردار ادا کرتی ہیں۔زمین پر آنے والی بصری روشنی (جو فضائی کرہ میں سے مقابلتاً آسانی سے گذر جاتی ہے)،زمین کی سطح کے ذریعے جذب کی جاتی ہے اور زیریں سرخ (مقابلتاً زیادہ طول لہر شعاعوں کی شکل میں اس کا دوبارہ اشعاع ہوتا ہے۔یہ شعاعیں سبز گھر گیسوں، جیسے کاربن ڈائی آکسائڈ اور پانی کے ابخرات کے ذریعے جذب کرلی جاتی ہیں۔زیریں سرخ شناس کاروں کا استعمال زمین کے سیارچوں میں،فوجی مقاصد اور فصل کی نشوونما کے مشاہدے، دونوں کے لیے،کیا جاتا ہے۔الیکٹرانک الآت (مثلاً نیم موصل روشنی مخروج ڈایوڈ بھی زیریں سرخ لہریں خارج کرتے ہیں اور گھریلو الیکٹرانک آلات جیسے TV سیٹ، ویڈیو ریکارڈر اور ہائی-فائی نظاموں کے رِموٹ سوئچوں میں خوب استعمال ہوتے ہیں۔

8.4.4 بصری شعاعیں (Visible rays)

یہ برق-مقناطیسی لہروں کی سب سے زیادہ جانی پہچانی شکل ہے۔یہ طیف کا وہ حصہ ہے، جسے انسانی آنکھ شناس کرسکتی ہے۔یہ تقریباً 4×10^{14} Hz سے تقریباً 7×10^{4} Hz تک یا طول موج سعت 700–400 nm تک پھیلا ہوا ہے۔ہمارے اردگرد پائی جانے والی اشیا سے خارج کی گئی یا منعکس ہوئی بصری روشنی ہمیں دنیا کے بارے میں جانکاری فراہم کرتی ہے۔ہماری آنکھیں طول لہر کی اس سعت کے لیے حساس ہیں۔مختلف جانور،طول لہر کی مختلف سعتوں کے لیے

2019-20

حساس ہوتے ہیں۔مثلاً،سانپ زیریں سرخ لہروں کو شناس کرسکتے ہیں اور کئی کیڑوں کی ''بصری سعت'' کی توسیع بالا بنفشی سعت میں کافی اندر تک ہوتی ہے۔

8.4.5 بالا بنفشئی شعاعیں(Ultraviolet rays)

یہ تقریباً 4×10^{-7}m (400nm) سے 6×10^{-10}m تک کی سعت کا احاطہ کرتی ہیں۔بالا بنفشئی شعاعیں مخصوص لیمپوں یا بہت گرم اجسام کے ذریعے خارج کی جاتی ہیں۔سورج بالا بنفشئی روشنی کا ایک اہم ماخذ ہے۔لیکن خوش قسمتی سے،اس کا زیادہ تر حصہ کرہ باد میں اوزون پرت،تقریباً 40 – 50 KM اونچائی پر،کے ذریعے جذب ہوجاتا ہے۔UV روشنی کی زیادہ مقدار انسانوں کے لیے نقصان دہ ہے۔UV شعاعوں کو جذب کرتے رہنے سے میلانن(Melanin) کا بننا شروع ہوجاتا ہے،جس سے کھال دغ جاتی ہے۔UV شعاعیں عام شیشہ جذب کرلیتا ہے۔اس لیے شیشہ کی کھڑکیوں سے ہم دباغت (Tanning) اور سورج سے جلنے کے داغوں (sun burns) سے بچ سکتے ہیں۔

ویلڈنگ کرنے والے اپنی آنکھوں کو،ویلڈنگ آرک کے ذریعے پیدا ہونے والی UV شعاعوں کی زیادہ مقدار،سے بچانے کے لیے مخصوص شیشوں سے بنے ہوئے چشمے یا مکھوٹے لگاتے ہیں۔اپنی مقابلتاً کم طول لہر کی بنا پر،UV شعاعوں کو بہت پتلی بیموں میں فوکس کیا جاسکتا ہے اور اس طرح جہاں بہت زیادہ درستی صحت درکار ہو،ان آلات میں بھی استعمال کیا جاسکتا ہے،جیسے LASIK (Laser Assisted in Situ Keratomileusis) آنکھوں کی جراحت۔پانی صاف کرنے کے آلات میں UV لیمپ جراثیموں کو مارنے کے لیے استعمال ہوتے ہیں۔

کرہ باد میں اوزون کی پرت ایک حفاظتی کردار ادا کرتی ہے اور کلوروفلوروں کاربن(FCs) گیس (جیسے فریون) کے ذریعے،اس کی موٹائی میں کمی بین الاقوامی توجہ کی حامل ہے۔

8.4.6 ایکس شعاعیں(X-rays)

برق-مقناطیسی طیف کے UV علاقے کے آگے X-شعاعوں کا علاقہ ہے۔ہم اس کے طبی استعمال کی وجہ سے X-شعاعوں سے واقف ہیں۔یہ تقریباً 10^{-8} m (10 nm) سے 10^{-13} m (10^{-4} nm) تک کی طول لہر سعت کا احاطہ کرتی ہیں۔X-شعاعیں پیدا کرنے کا ایک عام طریقہ یہ ہے کہ دھاتی نشانے پر اعلیٰ توانائی الیکٹرانوں کی بمباری کی جائے۔طب میں X-شعاعوں کا استعمال بطور تشخیصی آلے کے بھی ہوتا ہے اور کینسر کی کچھ قسموں میں علاج کے بطور بھی۔کیونکہ X-شعاعیں زندہ ٹشو اور جانداروں کو نقصان پہنچا سکتی ہیں یا انھیں فنا کرسکتی ہیں،اس لیے جب تک اور جتنا ضروری ہو،جسم پر ان کو پڑنے دینے میں احتیاط برتنی چاہیے۔

8.4.7 گاما-شعاعیں(Gamma rays)

یہ برق-مقناطیسی طیف کی بالائی تعدد سعت میں آتی ہیں اور ان کی طول لہر 10^{-10}m سے لے کر 10^{-14} سے کم تک ہوتی ہے۔یہ اعلیٰ تعدد شعاعیں،نیوکلیائی تعاملات میں پیدا ہوتی ہیں اور تاب کار نیوکلیانوں سے بھی خارج ہوتی

© NCERT not to be republished

ہیں۔طب میں ان کا استعمال،کینسر سیلوں کو فنا کرنے کے لیے کیا جاتا ہے۔

جدول 8.1 میں مختلف قسم کی برق-مقناطیسی لہروں،ان کے پیدا کرنے اور شناس کرنے کے طریقوں کا خلاصہ پیش کیا گیا ہے۔جیسا کہ پہلے بتایا جاچکا ہے،مختلف علاقوں کے درمیان حدیں واضح نہیں ہیں اور ہم پوشی (Overlap) بھی پائی جاتی ہے۔

جدول 8.1 مختلف قسم کی برق-مقناطیسی لہریں

قسم	طول لہر سعت	پیدا کرنا	شناس کاری
ریڈیو	> 0.1 m	ایریل میں الیکٹرانوں کا تیزی سے اسراع اور ابطا	موصول کرنے والے ایریل
مائیکرولہر	1 mm سے 0.1m	کلیسٹران والو یا میگنیٹران والو	نقطہ تماس ڈائیوڈ
زیریں سرخ	700 nm سے 1mm	ایٹوں اور مالیکیولوں کے ارتعاش	تھرموپائل،بولومیٹر،زیریں سرخ فوٹوگرافک فلم
روشنی	400 nm سے 700 nm	جب ایک ایٹم میں الیکٹران ایک توانائی منزل سے ایک مقابلتاً نچلی توانائی منزل تک حرکت کرتے ہیں تو روشنی خارج کرتے ہیں۔	آنکھ،فوٹوسیل،فوٹوگرافک فلم
X-شعاعیں	10^{-4} nm سے 400 nm	X-شعاع ٹیوب یا اندرونی شیل کے الیکٹران	فوٹوگرافک فلم،گیگر ٹیوب رواں سازی چیمبر
گاما شعاعیں	$<10^{-3}$ nm	نیوکلیس کا تاب کاری زوال	رواں سازی چیمبر

خلاصہ

1۔ میکسویل نے ایمپیر کے قانون میں ایک تضاد پایا اور اس تضاد کو دور کرنے کے لیے ایک دوسرے کرنٹ،جو نقل کرنٹ کہلاتا ہے،کی موجودگی تجویز کی۔یہ نقل کرنٹ،وقت کے ساتھ تبدیل ہوتے ہوئے برقی-میدان کی وجہ سے ہوتا ہے اور دیا جاتا ہے:

$$i_d = \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

اور بالکل اسی طرح مقناطیسی میدان کے وسیلے کے طور پر کام کرتا ہے،جس طرح ایصالی کرنٹ کرتا ہے۔

2۔ ایک اسراع پذیر چارج برق-مقناطیسی لہریں پیدا کرتا ہے۔ایک برقی چارج جو تعدد v کے ساتھ ہارمونک طور پر اہتزاز کر رہا ہو،اسی تعدد v کی برق-مقناطیسی لہریں پیدا کرتا ہے۔ایک برقی دوقطبیہ،برقی-مقناطیسی لہروں کا بنیادی وسیلہ ہے۔

3۔ ایسی برق-مقناطیسی لہریں،جن کا طول لہر چند میٹر کے درجے کا تھا،سب سے پہلے ہرٹز نے 1887 میں تجربہ گاہ میں پیدا کیں اور انھیں شناس کیا۔اس طرح ہرٹز نے میکسویل مساواتوں کی بنیادی پیشین گوئی

© NCERT not to be republished

کی تصدیق کر دی۔

4۔ ایک برق–مقناطیسی لہر میں برقی اور مقناطیسی میدان، وقت اور فضا میں سائن خم نما طور پر اہتزاز کرتے ہیں۔اہتزاز پذیر برقی ومقناطیسی میدان، $\vec{E}$ اور $\vec{B}$ ایک دوسرے پر عمود ہوتے ہیں اور برق–مقناطیسی لہر کے اشعاع کی سمت پر بھی عمود ہوتے ہیں۔تعدد ν، طول لہر λ کی ایک لہر کے لیے جو z–سمت میں حرکت کر رہی ہے، ہمارے پاس ہے:

$$E = E_x(t) = E_0 \sin(kz - \omega t)$$

$$= E_0 \sin\left[2\pi\left(\frac{z}{\lambda} - \nu t\right)\right] = E_0 \sin\left[2\pi\left(\frac{z}{\lambda} - \frac{t}{T}\right)\right]$$

$$B = B_y(t) = B_0 \sin(kz - \omega t)$$

$$= B_0 \sin\left[2\pi\left(\frac{z}{\lambda} - \nu t\right)\right] = B_0 \sin\left[2\pi\left(\frac{z}{\lambda} - \frac{t}{T}\right)\right]$$

آپس میں، ان کا رشتہ ہے: $\frac{E_0}{B_0} = c$

5۔ برق–مقناطیسی لہر کی خلا میں چال c کا μ_0 اور ε_0 (آزاد فضا کی برقی سرایت پذیری اور مقناطیسی سرایت پذیری مستقلے) سے مندرجہ ذیل رشتہ ہے: $c = 1/\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}$، c، کی قدر نوری پیمائشوں کے ذریعے معلوم کی گئی روشنی کی چال کے مساوی ہے۔

روشنی ایک برق–مقناطیسی لہر ہے، اس لیے c روشنی کی چال بھی ہے۔روشنی کے علاوہ دیگر برق–مقناطیسی لہروں کی بھی خلا میں یکساں رفتار c ہے۔ایک مادی واسطے میں روشنی یا برق–مقناطیسی لہروں کی چال دی جاتی ہے: $v = \frac{1}{\sqrt{\mu \varepsilon}}$ جہاں μ واسطے کی مقناطیسی سرایت پذیری اور ε اس کی برقی سرایت پذیری ہے۔

6۔ برق–مقناطیسی لہریں فضا سے گزرتے ہوئے توانائی ساتھ لے جاتی ہیں اور یہ توانائی، برقی اور مقناطیسی میدانوں میں مساوی طور پر تقسیم ہوتی ہے۔

برق–مقناطیسی لہریں معیار حرکت بھی منتقل کرتی ہیں۔جب یہ لہریں ایک سطح سے ٹکراتی ہیں تو سطح پر ایک دباؤ ڈالتی ہیں۔اگر وقت t میں، سطح کو منتقل ہوئی کل توانائی U ہو تو اس سطح کو منتقل ہوا کل معیار حرکت ہے: $p = \frac{U}{c}$

7۔ اصولی طور پر، برق–مقناطیسی لہروں کا طیف، طول لہر کی لامتناہی سعت پر پھیلا ہوا ہے۔مختلف علاقے مختلف ناموں سے جانے جاتے ہیں؛ γ–شعاعیں، X–شعاعیں، بالا بنفشی شعاعیں، بصری شعاعیں، زیریں سرخ شعاعیں، مائیکرو لہریں اور ریڈیو لہریں جو 10^{-2} Å یا 10^{-12} m سے

© NCERT not to be republished

$10^{-6} m$ تک کے بڑھتے ہوئے طول لہر کے درجے کی ہیں۔
یہ شعاعیں اپنے برقی اور مقناطیسی میدانوں کے ذریعے مادے کے ساتھ باہم عمل کرتی ہیں۔ان شعاعوں کے یہ میدان ہر مادے میں پائے جانے والے چارجوں میں اہتزاز پیدا کرتے ہیں۔باہمی عمل کی تفصیل اور تجاذب، انتشار وغیرہ کا میکانزم، برق-مقناطیسی لہر کے طول لہر اور واسطے کے ایٹموں اور مالیکیولوں کی طبع پر منحصر ہے۔

قابل غور نکات

1۔ مختلف قسم کی برقی-مقناطیسی لہروں میں بنیادی فرق ان کے طول لہر یا تعدد کا ہے کیونکہ یہ سب خلا میں یکساں چال سے سفر کرتی ہیں۔نتیجتاً ان لہروں کے مادے سے باہمی عمل میں قابل لحاظ فرق پایا جاتا ہے۔

2۔ اسراع پذیر چارج شدہ ذرات برق-مقناطیسی لہروں کا اشعاع کرتے ہیں۔ برقی-مقناطیسی لہر کے طول لہر کو اکثر اس نظام کے مخصوص سائز سے ہم رشتہ (Conrrelate) کیا جاتا ہے جو اشعاع کر رہا ہے۔اس لیے، گاما-شعاعیں جن کا طول لہر $10^{-14} m$ سے $10^{-15} m$ تک ہوتا ہے، خاص طور پر ایک ایٹمی نیوکلیس سے نکلتی ہیں۔X-شعاعیں بھاری ایٹموں کے ذریعے خارج کی جاتی ہیں۔ریڈیو لہریں ایک سرکٹ میں اسراع پذیر الیکٹران پیدا کرتے ہیں۔ایک ترسیلی انٹینا، سب سے زیادہ استعداد کے ساتھ انھیں لہروں کا اشعاع کرسکتا ہے، جن کا طول لہر تقریباً انٹینا کے سائز کا ہو۔لیکن ایٹموں کے ذریعے خارج ہونے والی بصری شعاعوں کا طول لہر، ایٹموں کے سائز سے بہت زیادہ ہوتا ہے۔

3۔ ایک برق-مقناطیسی لہر کے اہتزاز پذیر میدان چارجوں میں اسراع پیدا کرسکتے ہیں اور اہتزاز کرتے ہوئے کرنٹ پیدا کرسکتے ہیں۔اس لیے برق-مقناطیسی لہروں کو شناس کرنے کے لیے ڈیزائن کیا گیا آلہ اسی حقیقت پر مبنی ہوتا ہے۔ ہرٹز نے جو ''ریسور'' اپنے پہلے تجربے میں استعمال کیا تھا، وہ بالکل اسی طرح کام کرتا تھا۔یہی بنیادی اصول آج کے تقریباً تمام جدید ریسونگ آلات میں استعمال ہوتا ہے۔اعلیٰ تعدد برق-مقناطیسی لہریں دوسرے ذریعوں سے شناس کی جاتی ہیں جو ان کے مادے سے باہم عمل کے ذریعے پیدا ہونے والے طبعی اثرات پر مبنی ہیں۔

4۔ زیریں-سرخ لہریں، جن کے تعدد بصری روشنی سے کم ہوتے ہیں، صرف الیکٹرانوں میں ہی نہیں بلکہ ایک شے کے پورے ایٹم یا مالیکیول میں ارتعاش پیدا کردیتی ہیں۔اس ارتعاش سے اندرونی توانائی میں اضافہ ہوتا ہے اور نتیجتاً شے کا درجہ حرارت بڑھ جاتا ہے۔اسی لیے زیریں سرخ لہریں اکثر حرارتی لہریں کہلاتی ہیں۔

5۔ ہماری آنکھوں کی حاسیت کا مرکز، سورج کے طول لہر تقسیم کے مرکز پر منطبق ہے۔اس کی وجہ یہ ہے کہ انسانی ارتقا اس طور پر ہوا ہے کہ بصارت سورج سے آرہی سب سے طاقتور طول لہر کے لیے سب سے زیادہ حساس ہے۔

© NCERT not to be republished

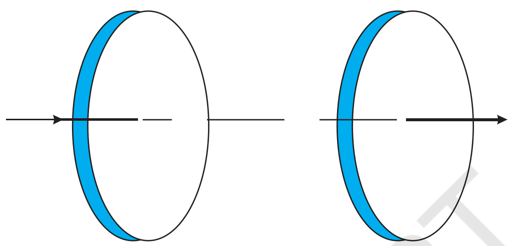
مشق

8.1 شکل 8.6 میں دو دائری چادروں سے بنا ایک کپیسٹر دکھایا گیا ہے۔ ہر چادر کا نصف قطر 12 cm ہے اور ان کا درمیانی فاصلہ 50cm ہے۔ کپیسٹر کو ایک باہری وسیلے کے ذریعے (شکل میں نہیں دکھایا گیا ہے) چارج کیا جا رہا ہے۔ چارج کرنے والا کرنٹ مستقلہ ہے اور 0.15A کے مساوی ہے۔

(a) صلاحیت اور چادروں کے درمیان مضمر فرق کے چارج کرنے کی شرح کا حساب لگائیے۔

(b) چادروں کے سروں کے درمیان نقل کرنٹ حاصل کیجیے۔

(c) کیا کرچوف کا پہلا قاعدہ (جنکشن قاعدہ) کپیسٹر کی ہر چادر پر درست ہے؟ وضاحت کیجیے۔



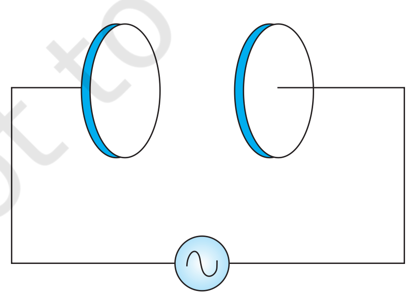
شکل 8.6

8.2 ایک متوازی چادر کپیسٹر (شکل 8.7) دائری چادروں سے بنا ہے، اور اس کی ہر چادر کا نصف قطر R=6.0cm ہے اور اس کی صلاحیت C=100pF ہے۔ کپیسٹر کو 230V، ac سپلائی سے جوڑا جاتا ہے، جس کا زاویائی تعدد $300\ rad\,s^{-1}$ ہے۔

(a) ایصالی کرنٹ کی rms قدر کیا ہے؟

(b) کیا ایصالی کرنٹ، نقل کرنٹ کے مساوی ہے۔

(c) چادروں کے درمیان محور سے 3.0cm فاصلے پر ایک نقطے پر $\vec{B}$ کی وسعت معلوم کیجیے۔



شکل 8.7

8.3 $10^{-10}m$ طول لہر کی X–شعاعوں، 6800Aº طول لہر کی سرخ روشنی اور 500m طول لہر کی ریڈیو لہر کے لیے کون سی طبعی مقدار یکساں ہے؟

© NCERT not to be republished

8.4 ایک مسطح برقی-مقناطیسی لہر، z-سمت میں خلا میں سفر کرتی ہے، آپ اس کے برقی اور مقناطیسی میدانی سمتیوں کی سمتوں کے بارے میں کیا کہہ سکتے ہیں؟ اگر لہر کا تعدد 30MHz ہے تو اس کا طول لہر کیا ہے؟

8.5 ایک ریڈیو 7.5MHz سے 12MHz کے بینڈ میں کسی بھی اسٹیشن پر لگایا جا سکتا ہے۔ اس کا مطابق طول لہر بینڈ کیا ہے؟

8.6 ایک چارج شدہ ذرہ، 10^9 Hz تعدد کے ساتھ، اوسط توازن مقام کے گرد اہتزاز کرتا ہے۔ اس اہتزاز کار سے پیدا ہوئی برق-مقناطیسی لہروں کا تعدد کیا ہے؟

8.7 ایک ہارمونی برقی-مقناطیسی لہر کے مقناطیسی میدان جز کی خلا میں وسعت B_0 = 510 nT ہے۔ لہر کے برقی میدان جز کی وسعت کیا ہے؟

8.8 فرض کیجیے کہ ایک برق-مقناطیسی لہر کے برقی میدان کی وسعت E_0 = 120 N/C ہے اور اس کا تعدد ν=50.0 MHz ہے۔ (a) B_0، ω، k اور λ معلوم کیجیے۔ (b) $\vec{E}$ اور $\vec{B}$ کے لیے ریاضیاتی عبارتیں معلوم کیجیے۔

8.9 برقی-مقناطیسی طیف کے مختلف حصوں کی اصطلاحات سبق میں دی ہوئی ہیں۔ فارمولا: E=hν استعمال کیجیے۔ (شعاع کے ایک کوانٹم: فوٹان، کی توانائی کے لیے) اور طیف کے مختلف حصوں کے لیے فوٹان توانائی، ev کی اکائیوں میں حاصل کیجیے۔ فوٹان توانائیوں کے مختلف پیمانے، جو آپ نے حاصل کیے ہیں، کس طور پر برق-مقناطیسی شعاعوں کے وسیلوں سے منسلک ہیں؟

8.10 ایک مسطح برقی-مقناطیسی لہر میں، برقی میدان 2.0×10^{10} Hz تعدد اور 48 Vm^{-1} وسعت کے ساتھ سائن خم نما طور پر اہتزاز کرتا ہے۔

(a) لہر کا طول لہر کیا ہے؟

(b) اہتزاز کرتے ہوئے مقناطیسی میدان کی وسعت کیا ہے؟

(c) دکھائیے کہ $\vec{E}$ میدان کی اوسط توانائی کثافت، $\vec{B}$ میدان کی اوسط توانائی کثافت کے مساوی ہے۔

اضافی مشق

8.11 فرض کیجیے ایک برقی-مقناطیسی لہر کا خلا میں برقی میدان جز ہے:

$$\vec{E} = \{(3.1\ N/C)\cos[(1.8\ rad/m)\,y + (5.4\times10^6\ rad/s)t]\}\hat{\mathbf{i}}$$

(a) اشعاع کی سمت کیا ہے؟ (b) طول لہر λ کیا ہے (c) تعدد ν کیا ہے۔ (d) لہر کے مقناطیسی میدان جز کی وسعت کیا ہے؟ (e) لہر کے مقناطیسی میدان جز کے لیے ریاضیاتی عبارت لکھیے۔

© NCERT not to be republished

8.12 ایک 100Ω روشنی کے بلب کی تقریباً 5% پاور بصری شعاعوں میں تبدیل ہوتی ہے۔ بصری شعاعوں کی اوسط شدت کیا ہے (a) بلب سے 1m کے فاصلے پر؟ (b) 10m کے فاصلے پر؟
فرض کرلیں کہ شعاعیں ہم سمتی طور پر خارج ہوتی ہیں اور انعکاس کو نظر انداز کر دیجیے۔

8.13 برقی-مقناطیسی طیف کے مختلف حصوں کی مخصوص درجہ حرارت سعتیں حاصل کرنے کے لیے فارمولہ: λ_m T = 0.29 cm K استعمال کیجیے۔ آپ جو اعداد حاصل کرتے ہیں، ان سے آپ کو کیا معلوم ہوتا ہے؟

8.14 نیچے طبیعات کے مختلف سیاق وسباق میں، برقی-مقناطیسی شعاعوں سے منسلک کچھ مشہور اعداد دیے گئے ہیں۔ برق-مقناطیسی طیف کے اس حصے کا نام بتائیے، جس سے ان میں سے ہر ایک عدد تعلق رکھتا ہے۔

(a) 21 cm (ایٹمی ہائیڈروجن کے ذریعے بین انجمی فضا میں خارج کی گئی طول لہر)

(b) 1057 MHz، [ہائیڈروجن میں دو نزدیکی توانائی منازل کے درمیان عبور سے پیدا ہونے والے اشعاع کا تعدد، جو لیمب شفٹ کہلاتا ہے]

(c) 2.7 K [ساری فضا میں پھیلے ہوئے ہم سمتی اشعاع سے منسلک درجہ حرارت- جسے کائنات بِگ بینگ کے ذریعے وجود میں آنے کا آثارِ باقیہ سمجھا جاتا ہے۔

(d) 5890Å–5896Å [سوڈیم کی دہری لائنیں]

(e) 14.4 keV [57 F_e نیوکلیس میں ایک مخصوص عبور کی توانائی جو ایک مشہور اعلیٰ تحلیل طیف پیمائی طریقے (موس بار طیف پیمائی) سے منسلک ہے]

8.15 مندرجہ ذیل سوالوں کے جواب دیجیے:

(a) طویل فاصلوں کے لیے ریڈیو نشریات میں مختصر لہر بینڈ استعمال ہوتے ہیں۔ کیوں؟

(b) طویل فاصلاتی TV ترسیل کے لیے سیارچوں کا استعمال ضروری ہے۔ کیوں؟

(c) نوری اور ریڈیو دوربینیں زمین پر بنائی جاتی ہیں جب کہ X-شعاع فلکیات زمین کے گرد چکر لگا رہے سیاریوں کے ذریعے ہی ممکن ہے۔ کیوں؟

(d) انسانی زندگی کی بقا کے لیے کرہ (Stratosphare) کے اوپر اوزون کی ایک پتلی پرت لازمی ہے ۔ کیوں؟

(e) اگر زمین کا کوئی کرہ باد نہیں ہوتا تو اس کا درجہ حرارت، موجودہ درجہ حرارت سے کم ہوتا یا زیادہ؟

(f) کچھ سائنس دانوں نے پیشین گوئی کی ہے کہ اگر عالمی نیوکلیائی جنگ ہوئی تو اس کے بعد سخت ''نیوکلیائی جاڑا'' آئے گا، جو زمین پر زندگی کے وجود کو تہس نہس کر دے گا۔ اس پیشین گوئی کی بنیاد کیا ہو سکتی ہے؟

© NCERT not to be republished