باب دس

لہرنوریات
(WAVE OPTICS)

10.1 تعارف (INTRODUCTION)

1637 میں ڈیکارتیس (Descartes) نے روشنی کا ذریچہ (Corpuscular) ماڈل پیش کیا اور اسنیل کا قانون (Snell's law) مشتق کیا۔ اس ماڈل کے ذریعے ایک باہمی رخ پر انعکاس اور انعطاف کے قوانین کی وضاحت کی جاسکی۔ ذریچہ ماڈل کی پیشن گوئی تھی کہ اگر روشنی کی ایک کرن (انعطاف کے بعد) عماد کی جانب جھکتی ہے تو دوسرے واسطے (Medium) میں روشنی کی چال مقابلتاً زیادہ ہوگی۔ روشنی کے اس ذریچہ ماڈل کو نیوٹن نے اپنی مشہور کتاب آپٹکس (Optics) میں اور سدھارا۔ نیوٹن کی اس کتاب کو اتنی شہرت حاصل ہوئی کہ عام طور سے ذریچہ ماڈل کو نیوٹن کے نام سے منسوب کیا جاتا ہے۔

1678 میں ڈچ طبیعات داں کرسٹان ہائی جینس (Christiaan Huygens) نے روشنی کا لہر نظریہ (Wave theory of Light) پیش کیا۔ یہی وہ روشنی کا لہر ماڈل ہے جس سے ہم اس باب میں بحث کریں گے۔ جیسا کہ ہم دیکھیں گے کہ لہر ماڈل انعکاس اور انعطاف کے مظاہر کی اطمینان بخش وضاحت کرسکا، لیکن اس ماڈل کی پیشن گوئی یہ تھی کہ اگر لہر عماد کی جانب جھکتی ہے تو دوسرے واسطے میں روشنی کی چال مقابلتاً کم ہوگی۔ اس پیشن گوئی اور روشنی کے ذریچہ ماڈل پر مبنی پیش گوئی میں تضاد پایا جاتا ہے۔ کافی عرصے بعد تجربات سے یہ تصدیق ہوسکی کہ پانی میں روشنی کی چال، ہوا میں روشنی

کی چال کے مقابلے میں کم ہوتی ہے اور اس طرح لہر ماڈل پر مبنی پیش گوئی درست ثابت ہوئی۔ اس تجربہ کو 1850 میں فو کالٹ (Foucault) نے کیا۔

لہر نظریہ کو فوری طور پر منظور نہیں کیا گیا۔ اس کی بنیادی وجہ نیوٹن کی عظمت کا اثر تھا اور یہ وجہ بھی تھی کہ روشنی خلا میں سے بھی گذر سکتی ہے جب کہ اس وقت یہ سمجھا جاتا تھا کہ ایک لہر کی ایک نقطہ سے دوسرے نقطہ تک اشاعت (Propagation) کے لیے ایک واسطہ کا ہونا لازمی ہے۔ لیکن جب تھامس ینگ (Thomas Yang) نے اپنا مشہور تداخل تجربہ (interference experiment) 1801 میں کیا تو یہ مکمل طور پر ثابت ہو گیا کہ روشنی ایک لہر مظہر ہی ہے۔ بصری روشنی (visible light) کی طول لہر (Wave Length) بھی ناپی گئی اور یہ پتہ چلا کہ یہ بہت خفیف (small) ہے: مثلاً پیلی روشنی کی طول لہر تقریباً 0.6 μm ہے۔ بصری روشنی کی طول موج کے اتنے خفیف ہونے کی وجہ سے (خاص آئینوں اور لینسوں کے ابعاد کے مقابلے میں) روشنی کو تقریباً خط مستقیم میں سفر کرتا ہوا مانا جا سکتا ہے۔ یہ جیومیٹریائی نوریات کا میدان ہے، جس سے ہم پچھلے باب میں بحث کر چکے ہیں۔ دراصل نوریات کی وہ شاخ جس میں ہم طول لہر کی متناہیت (Finiteness) کو بالکل نظر انداز کر دیتے ہیں جیومیٹریائی نوریات کہلاتی ہے اور ایک کرن کو اس طرح معرف کیا جاتا ہے کہ یہ توانائی کی اشاعت کا اس حد میں راستہ ہے جب کہ طول لہر سفر کی جانب ہو۔

1801 میں کیے گئے ینگ کے تداخل تجربے کے بعد، اگلے 40 برسوں میں روشنی کی لہروں کے تداخل (Interference) اور انصراف (Diffraction) پر مبنی کئی تجربات کیے گئے، ان تجربات سے حاصل ہونے والے نتائج کی اطمینان بخش وضاحت صرف روشنی کے لہر ماڈل کو فرض کر کے ہی کرنا ممکن ہو سکی۔ اس لیے انیسویں صدی کے درمیان میں لہر نظریہ بڑی حد تک منظور کر لیا گیا۔ صرف ایک بڑی مشکل یہ تھی کہ اس وقت تک یہ سمجھا جاتا تھا کہ ایک لہر کی اشاعت کے لیے واسطے کا ہونا لازمی ہے، تو پھر روشنی کی لہریں خلا میں سے کیسے گذرتی ہیں۔ اس کی وضاحت بھی اس وقت ہو گئی، جب میکسویل (Maxwell) نے اپنا مشہور روشنی کا برق۔ مقناطیسیت نظریہ پیش کیا۔ میکسویل نے مساوات کا ایک سیٹ تیار کیا جو برق اور مقناطیسیت کے قوانین کی وضاحت کرتا تھا اور ان مساوات کو استعمال کر کے اس نے وہ مساوات مشتق کی جو لہر مساوات (Wave equation) کہلاتی ہے اور جس کے ذریعے میکسویل نے برق مقناطیسی لہروں* کے وجود کی پیشن گوئی کی۔ لہر مساوات کی مدد سے میکسویل نے آزاد فضا (خلا) میں روشنی کی رفتار کا حساب لگایا اور انھوں نے پایا کہ یہ نظری قدر، روشنی کی رفتار کے تجربے کے ذریعے معلوم کی گئی قدر کے بہت نزدیک تھی۔ اس سے انھوں نے یہ تجویز کیا کہ روشنی کو یقینی طور پر برق۔ مقناطیسی لہر ہونا چاہیے۔ اس لیے، میکسویل کے مطابق روشنی کی لہریں، تبدیل ہوتے ہوئے برقی اور مقناطیسی میدانوں سے منسلک ہیں، بدلتا ہوا برقی میدان، وقت اور مقام (Space فضا) کے لحاظ سے بدلتا ہوا مقناطیسی میدان پیدا کرتا ہے اور بدلتا ہوا مقناطیسی میدان، وقت اور فضا کے لحاظ سے بدلتا ہوا برقی میدان پیدا کرتا ہے۔ بدلتے

* میکسویل نے برق۔ مقناطیسی لہروں کے وجود کی پیشن گوئی 1855 کے آس پاس کی تھی، کافی عرصے بعد (1890 کے آس پاس) ہینرک ہرٹز نے تجربہ گاہ میں ریڈیو لہریں پیدا کیں۔ جے۔ سی۔ بوس اور جی۔ مارکونی نے ہرٹزی لہروں کا استعمال کیا۔

ہوئے مقناطیسی اور برقی میدان کے نتیجے میں برق۔مقناطیسی لہروں (یا روشنی کی لہروں) کی اشاعت خلا میں بھی ہوتی ہے۔

اس باب میں ہم پہلے ہائی جینس اصول کی ابتدائی ضابطہ سازی سے بحث کریں گے۔انعکاس اور انعطاف کے قوانین کی مشق کریں گے۔حصہ 10.4 اور حصہ 10.5 میں ہم تداخل کے مظہر سے بحث کریں گے جو انطباق کے اصول پر مبنی ہے۔حصہ 10.6 میں ہم انصراف کے مظہر سے بحث کریں گے جو ہائی جینس۔فریزنیل اصول پر مبنی ہے۔آخر میں ہم حصہ 10.7 میں تقطیب کے مظہر سے بحث کریں گے جو اس حقیقت پر مبنی ہے کہ روشنی کی لہریں عرضی برق۔مقناطیسی لہریں ہیں۔

کیا روشنی ایک خط مستقیم میں سفر کرتی ہے؟
(DOES LIGHT TRAVEL IN A STRAIGHT LINE?)

درجہ VI میں روشنی خط مستقیم میں سفر کرتی ہے، درجہ XII اور اس کے آگے کے درجات میں یہ ایسا نہیں کرتی۔آپ کو حیرت ہوئی نا۔

اسکول میں آپ کو ایک تجربہ (مظاہرہ) دکھایا گیا ہوگا، جس میں آپ تین گتے کے ٹکڑے لیتے ہیں اور ان ٹکڑوں کے بیچ میں ایک پن ہول (باریک سوراخ) ہوتا ہے، ایک طرف ایک موم بتی رکھتے ہیں اور دوسری طرف سے دیکھتے ہیں۔اگر موم بتی کی لو اور تینوں پن ہول ایک مستقیم خط میں ہوتے ہیں تو آپ موم بتی دیکھ سکتے ہیں۔اگر ان میں سے ایک بھی ذرا سا ہٹا ہوا ہو تو آپ موم بتی نہیں دیکھ سکتے۔پھر آپ کے استاد نے کہا ہوگا کہ اس سے ثابت ہو جاتا ہے کہ روشنی ایک مستقیم خط میں سفر کرتی ہے۔

اس کتاب میں دو لگاتار (ایک کے بعد ایک) باب ہیں: ایک کرن نوریات پر اور دوسرا لہر نوریات پر۔کرن نوریات روشنی کی خطی اشاعت پر مبنی ہے اور اس میں آئینوں، لینسوں، انعکاس، انعطاف وغیرہ کا مطالعہ کیا جاتا ہے۔پھر آپ لہر نوریات کے باب پر پہنچتے ہیں اور اب آپ کو بتایا جاتا ہے کہ روشنی ایک لہر کی شکل میں سفر کرتی ہے، یعنی کہ یہ اشیا کے گرد مڑ سکتی ہے، یہ منصرف ہو سکتی ہے اور اس سے تداخل ہو سکتا ہے۔

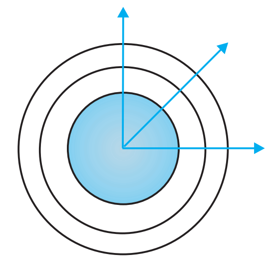
نوری علاقہ میں، روشنی کا طول موج تقریباً آدھے مائیکرو میٹر کا ہوتا ہے۔اگر روشنی کا سامنا تقریباً اسی سائز کی رکاوٹ سے ہوتا ہے تو روشنی اس رکاوٹ کے گرد مڑ سکتی ہے اور دوسری طرف دیکھی جا سکتی ہے اس لیے ایک مائیکرو میٹر سائز کی رکاوٹ روشنی کو نہیں روک سکتی۔لیکن اگر رکاوٹ کا سائز ایک مائیکرو میٹر سے بہت زیادہ ہو تو پھر روشنی اس حد تک نہیں مڑ سکتی اور پھر دوسری طرف نہیں دیکھی جا سکتی۔

یہ لہر کی ایک عمومی خاصیت ہے اور آواز کی لہروں میں بھی دیکھی جا سکتی ہے۔ہماری بات چیت کی آواز کی لہروں کا طول موج تقریباً 50cm سے 1m تک ہوتا ہے۔اگر آواز کسی چند میٹر سائز کی رکاوٹ سے ٹکراتی ہے تو یہ اس کے گرد مڑ جاتی ہے اور رکاوٹ کے پیچھے کے نقطوں تک پہنچ جاتی ہے۔لیکن جب اس کے سامنے چند سو میٹروں کی بڑی رکاوٹیں آ جاتی ہیں، جیسے ایک پہاڑی، تو اس کا زیادہ تر حصہ منعکس ہو جاتا ہے جو گونج کی شکل میں سنائی دیتا ہے۔

اب ہم ابتدائی مدرسے میں کیے گئے تجربے کے بارے میں کیا کہیں؟ وہاں دراصل ہوتا یہ ہے کہ جب ہم کسی بھی ایک گتے کو کھسکاتے ہیں تو یہ منتقلی چند ملی میٹر کے درجہ کی ہوتی ہے جو کہ روشنی کے طول لہر سے بہت زیادہ ہے۔اس لیے موم بتی نہیں دیکھی جا سکتی۔اگر ہم کسی ایک گتے کو ایک مائیکرو میٹر یا اس سے کم کھسکائیں تو روشنی منصرف ہو سکے گی اور موم بتی اب دیکھی جا سکے گی۔

ہم اس کتاب کے پہلے جملے میں یہ اضافہ کر سکتے ہیں: یہ جیسے جیسے بڑی ہوتی ہے، مڑنا سیکھ لیتی ہے۔

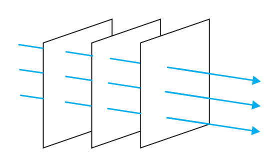
10.2 ہائی جینس اصول (HUYGENS PRINCIPLE)



شکل (a) 10.1: ایک نقطہ ماخذ سے باہر نکلتی ہوئی ایک غیر مرکوز کروی لہر۔لہر محاذ کروی ہیں۔

پہلے ہم لہر محاذ (Wavefront) کی تعریف کریں گے: جب ہم ایک ساکن پانی کے تالاب میں ایک چھوٹا پتھر ڈالتے ہیں تو ٹکرانے کے نقطہ سے لہریں پھیلنے لگتی ہیں۔سطح کا ہر نقطہ وقت کے ساتھ اہتزاز کرنے لگتا ہے۔کسی بھی لمحہ وقت پر سطح کا لیا گیا فوٹو گراف دائری حلقے دکھائے گا جن پر خلل (Disturbance) سب سے زیادہ ہوگا۔ظاہر ہے کہ ایسے دائرہ کے تمام نقاط فیز میں اہتزاز کر رہے ہوں گے کیونکہ وہ سب ماخذ (وسیلہ Source) سے یکساں فاصلے پر ہیں۔ایسے نقاط جو فیز میں اہتزاز کرتے ہیں ان کا لوکس (Locus) ایک لہر محاظ (Wavefront) کہلاتا ہے۔اس لیے ایک لہر محاذ کی تعریف بطور ''مستقلہ فیز کی سطح'' (Surface of constant phase) کی جاتی ہے۔وہ چال جس سے ایک لہر محاذ ماخذ سے باہر کی جانب (Outwords) حرکت کرتا ہے، لہر کی چال کہلاتی ہے۔لہر کی توانائی لہر محاذ کی عمودی سمت میں سفر کرتی ہے۔

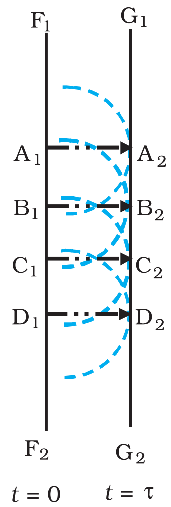
اگر ہمارے پاس ایک نقطہ ماخذ (Point source) ہے جو ہموار طور پر تمام سمتوں میں لہریں خارج کر رہا ہے، تو ان نقطوں کا لوکس جن کی وسعت (amplitude) یکساں ہے اور جو یکساں فیز میں ارتعاش (vibrate) کرتے ہیں، کرّے ہیں اور اس طرح ہمیں جو لہر حاصل ہوتی ہے اسے کروی لہر کہتے ہیں، جیسا کہ شکل (a)10.1 میں دکھایا گیا ہے۔ماخذ سے زیادہ فاصلوں پر کرّہ کے ایک چھوٹے حصے کو ایک مستوی (Plane) مانا جاسکتا ہے اور اس طرح حاصل ہوئی لہر، مستوی لہر (Plane wave) کہلاتی ہے۔[شکل (b)10.1]



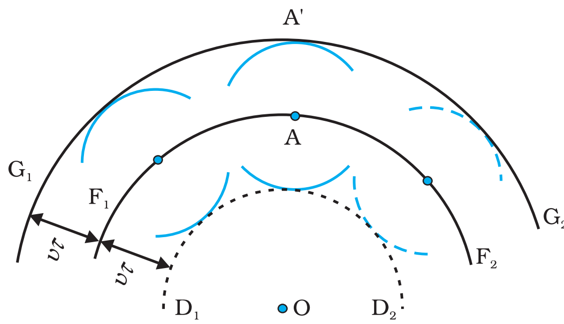
شکل (b)10.1: ماخذ سے بہت زیادہ فاصلوں پر کروی لہر کے ایک چھوٹے حصہ کا تقرب ایک مسطح لہر سے کیا جاسکتا ہے۔

اب اگر ہمیں t=0 پر ایک لہر محاذ کی شکل معلوم ہے تو ہائی جینس کے اصول کے ذریعے ہم ایک بعد کے وقت τ پر لہر محاذ کی شکل معلوم کر سکتے ہیں۔اس لیے ہائی جینس اصول بنیادی طور پر ایک جیومیٹریائی ساخت ہے، جس کی مدد سے اگر ہمیں کسی بھی دیے ہوئے وقت پر لہر محاذ کی شکل دی ہوئی ہو تو بعد کے کسی بھی لمحہ وقت پر ہم لہر محاذ کی شکل معلوم کر سکتے ہیں۔ایک غیر مرکوزی لہر لیتے ہیں اور فرض کرتے ہیں کہ F_1F_2 کروی لہر محاذ کے ایک حصہ کو، t=0 پر، ظاہر کرتا ہے (شکل 10.2)۔اب، ہائی جینس اصول کے مطابق، لہر محاذ کا ہر نقطہ ثانوی خلل (secondary disturbance) کا ماخذ ہوتا ہے۔اور ان نقطوں سے نکلنے والے لہر یچے (wavelets) لہر کی رفتار سے، تمام سمتوں میں پھیل جاتے ہیں۔لہر محاذ سے شروع ہونے والے یہ لہر محاذ عام طور سے ثانوی لہر یچے (secondary wavelets) کہلاتے ہیں اور اگر ہم ان سب کروں پر ایک مشترکہ مماس (common tangent) کھینچیں تو ہم ایک بعد کے وقت پر لہر محاذ کا مقام حاصل کر لیتے ہیں۔

اس لیے اگر ہم $t=\tau$ پر لہر محاذ کی شکل معلوم کرنا چاہتے ہیں تو ہم کروی لہر محاذ کے ہر نقطے سے $v\tau$ نصف قطر کے کرے کھینچتے ہیں، جہاں v اس واسطے (medium) میں لہر کی چال کو ظاہر کرتا ہے۔اب اگر ہم ان تمام کروں پر ایک مشترک مماس کھینچیں تو ہمیں $t=\tau$ پر لہر محاذ کا نیا مقام حاصل ہوتا ہے۔یہ نیا لہر محاذ بھی جو شکل 10.2 میں G_1G_2 سے دکھایا گیا ہے، کروی ہوتا ہے، جس کا مرکز O ہے۔



شکل10.3: دائیں سمت میں جاتی ہوئی مسطح لہر کے لیے ہائی جینس جیومیٹریائی بناوٹ۔ $t=0$، F_1F_2 پر مسطح لہرمحاذ ہے اور G_1G_2 ایک بعد کے وقت τ پر۔ خطوط A_1A_2، B_1B_2..... وغیرہ F_1F_2 اور G_1G_2 دونوں پر عمود ہیں اور کرنوں کو ظاہر کرتے ہیں۔



شکل10.2: F_1F_2، $t=0$ پر کروی لہرمحاذ (مرکز O کے ساتھ) ظاہر کرتا ہے۔ F_1F_2 سے نکلنے والے ثانوی لہریچوں کا غلاف آگے کی جانب حرکت کرنے والا لہرمحاذ G_1G_2 پیدا کرتا ہے۔ پچھلی لہر D_1D_2 کا وجود نہیں ہوتا۔

مندرجہ بالا ماڈل میں ایک خامی ہمیں اس ماڈل کے مطابق ایک پچھلی لہر بھی ملنا چاہیے، جسے شکل10.2 میں D_1D_2 سے دکھایا گیا ہے۔ ہائی جینس نے دلیل پیش کی کہ ثانوی لہریچوں کی وسعت آگے کی سمت میں اعظم (Maximum) ہوتی ہے اور پیچھے کی سمت میں صفر ہوتی ہے، اس طرح اسی بات کے لیے مخصوص اس مفروضہ کے ذریعے ہائی جینس پچھلی لہر کی غیر موجودگی کی وضاحت کر سکے۔ لیکن اس طرح ایک خاص مقصد کے لیے تجویز کیا گیا یہ مفروضہ اطمینان بخش نہیں ہے اور پچھلی لہر کی غیر موجودگی دراصل زیادہ دقیق لہر نظریہ کے ذریعے ثابت کی جا سکتی ہے۔

اسی طریقے سے ہم ایک واسطے سے گذرتی ہوئی مسطح لہر کے لیے بھی ہائی جینس اصول استعمال کر کے لہرمحاذ کی شکل معلوم کر سکتے ہیں (شکل10.3)۔

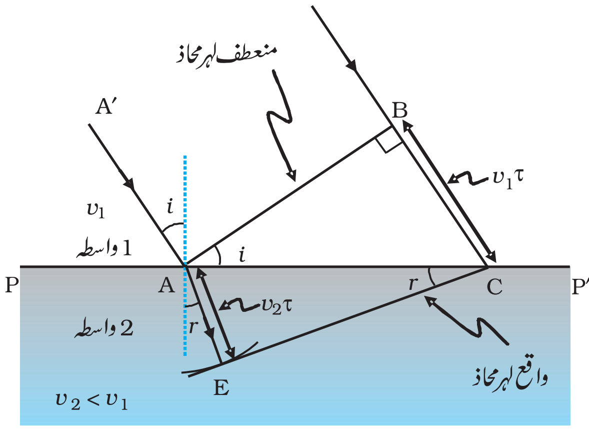
10.3 ہائی جینس اصول استعمال کرتے ہوئے مسطح لہروں کا انعطاف اور انعکاس

(REFRACTION AND REFLECTION OF PLANE WAVES USING HUYGENS PRINCIPLE)

10.3.1 ایک مسطح لہر کا انعطاف (Refraction of a plane wave)

اب ہم ہائی جینس اصول کا استعمال انعطاف کے قوانین مشق کرنے کے لیے کریں گے۔ فرض کیجیے PP′ واسطہ 1 اور واسطہ 2 کو جدا کرنے والی سطح کو ظاہر کرتا ہے، جیسا کہ شکل10.4 میں دکھایا گیا ہے۔ فرض کیجیے v_1 اور v_2، بالترتیب، واسطہ 1 اور واسطہ 2 میں روشنی کی چالیں ہیں۔ ہم مانتے ہیں کہ ایک مسطح لہرمحاذ AB، جو سمت A′A میں آگے بڑھ رہا ہے، درمیانی رخ پر زاویہ i سے واقع ہے، جیسا کہ شکل میں دکھایا گیا ہے۔ فرض کیجیے فاصلہ BC طے کرنے میں لہرمحاذ کے ذریعے لیا گیا وقت τ ہے۔

$$BC = v_1 \tau$$



شکل 10.4: ایک مسطح لہر AB، واسطہ 1 اور واسطہ 2 کو جدا کرنے والی سطح PP′ پر زاویہ i سے واقع ہے۔ مسطح لہر منعطف ہوتی ہے اور CE منعطف لہر محاذ کو ظاہر کرتا ہے۔ شکل $v_2 < v_1$ سے مطابقت رکھتی ہے، اس لیے منعطف لہریں عماد کی جانب جھکتی ہیں۔

منعطف لہر محاذ کی شکل معلوم کرنے کے لیے، ہم دوسرے واسطے کے نقطہ A کو مرکز مانتے ہوئے نصف قطر $v_2\tau$ کا دائرہ کھینچتے ہیں (دوسرے واسطے میں لہر کی چال v_2 ہے)۔ فرض کیجیے CE، کرہ پر نقطہ C سے کھینچے گئے مماس مستوی (tangent plane) کو ظاہر کرتا ہے۔ تب، $AE = v_2\tau$ اور CE منعطف لہر محاذ کو ظاہر کرے گا۔ اب اگر ہم مثلث ABC اور مثلث AEC لیں، تو ہم بہ آسانی حاصل کر سکتے ہیں:

$$\sin i = \frac{BC}{AC} = \frac{v_1\tau}{AC} \qquad (10.1)$$

اور

$$\sin r = \frac{AE}{AC} = \frac{v_2\tau}{AC} \qquad (10.2)$$

جہاں i اور r بالترتیب زاویہ وقوع اور زاویہ انعطاف ہیں۔ اس لیے، ہمیں حاصل ہوتا ہے

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} \qquad (10.3)$$

مندرجہ بالا مساوات سے ہمیں یہ اہم نتیجہ حاصل ہوتا ہے کہ اگر r<i (یعنی کہ، اگر کرن عماد کی جانب جھکتی ہے)، تو دوسرے واسطے میں روشنی کی چال (v_2) پہلے واسطے میں روشنی کی چال (v_1) سے کم ہوگی۔ یہ پیشن گوئی، روشنی کے ذریچہ ماڈل کی بنیاد پر کی گئی پیشن گوئی کے برخلاف ہے اور جیسا کہ بعد میں کیے گئے تجربات سے ظاہر ہوا، لہر نظریہ کی بنیاد پر کی گئی پیشن گوئی درست ہے۔ اب اگر C، خلا میں روشنی کی چال کو ظاہر کرتی ہے، تب

$$n_1 = \frac{c}{v_1} \qquad (10.4)$$

کرسٹن ہائی جینس (1629–1695)

کرسٹیا ہائی جینس (1629–1695) ڈچ طبیعات داں، ماہر فلکیات، ماہر ریاضی اور روشنی کے لہر نظریہ کے بانی۔ آپ کی کتاب ''ٹریٹائز آن لائٹ'' (Treatise on light) آج بھی اپنے قارئین کے لیے نہایت پرکشش ہے۔ اس کتاب میں انھوں نے انعکاس اور انعطاف کے علاوہ معدنی کیلسائٹ (mineral calcite) سے ظاہر ہونے والے دہرے انعطاف (Double refraction) کی بھی نہایت عمدہ وضاحت پیش کی ہے۔ انھوں نے ہی سب سے پہلے دائری اور سادہ ہارمونی حرکت کا تجزیہ کیا اور بہتر گھڑیاں اور دوربینیں ڈیزائن کیں اور تیار کیں۔ انھوں نے حلقاتِ زحل (saturn rings) کی درست جیومیٹری دریافت کی۔

اور

$$n_2 = \frac{c}{v_2} \tag{10.5}$$

بالترتیب، واسطہ 1 اور واسطہ 2 کے انعطاف نما ہیں۔ انعطاف نماؤں کی شکل میں مساوات (10.3) کو لکھا جاسکتا ہے:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \tag{10.6}$$

یہ انعطاف کا اسنیل کا قانون ہے۔ مزید، اگر λ_1 اور λ_2 سے، بالترتیب، واسطہ 1 اور واسطہ 2 میں روشنی کی طول لہر کو ظاہر کیا جائے اور اگر فاصلہ BC، λ_1 کے مساوی ہے تو فاصلہ AE، λ_2 کے مساوی ہوگا (کیونکہ اگر وقت t میں B سے فراز C پر پہنچتا ہے تو A سے فراز کو اسی عرصہ وقت t میں E پر پہنچنا چاہیے)، اس لیے

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{BC}{AE} = \frac{v_1}{v_2}$$

یا

$$\frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2} \tag{10.7}$$

مندرجہ بالا مساوات سے اخذ کیا جاسکتا ہے کہ جب ایک لہر مقابلتاً زیادہ کثافت کے واسطے $(v_1 > v_2)$ میں منعطف ہوتی ہے تو اس کی اشاعت کی چال اور طول لہر کم ہوجاتے ہیں لیکن تعدد $\left(= \frac{v}{\lambda}\right)$ 'ν' وہی رہتی ہے۔

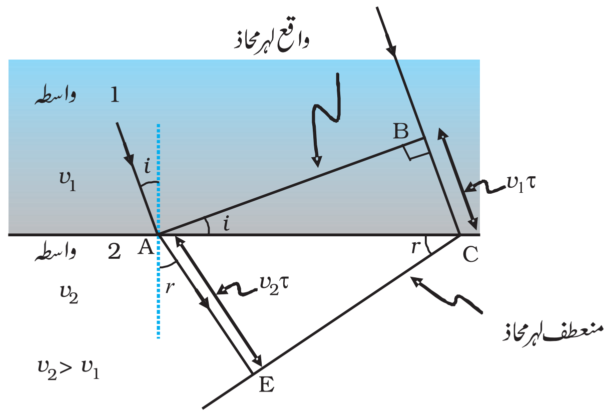
10.3.2 مقابلتاً لطیف واسطے میں انعطاف (Refraction at a rarer medium)

اب ہم ایک مسطح لہر کا مقابلتاً کم کثیف (لطیف تر) واسطے میں انعطاف دیکھتے ہیں، یعنی کہ، $(v_2 > v_1)$۔ بالکل پہلے کے طریقے سے ہی آگے بڑھتے ہوئے ہم ایک منعطف لہر محاذ تشکیل کر سکتے ہیں، جیسے کہ شکل 10.5 میں دکھایا گیا ہے۔ اب زاویہ انعطاف، زاویہ وقوع سے بڑا ہوگا، لیکن اب بھی ہمیں $n_1 \sin i = n_2 \sin r$ حاصل ہوگا۔ ہم مندرجہ ذیل مساوات کی مدد سے ایک زاویہ i_c کی تعریف کرسکتے ہیں:

$$\sin i_c = \frac{n_2}{n_1} \tag{10.8}$$

اس لیے اگر $i = i_c$ ہو تو $\sin r = 1$ اور $r = 90°$ ہوگا۔ ظاہر ہے کہ $i > i_c$ کے لیے کوئی منعطف کرن نہیں ہوسکتی۔ زاویہ i_c کو فاصل زاویہ (critical angle) کہتے ہیں اور ان تمام زاویہ وقوع کے لیے جو فاصل زاویہ سے بڑے ہیں، ہمیں کوئی منعطف کرن نہیں ملے گی اور لہر کا مکمل اندرونی انعکاس ہوگا۔ مکمل اندرونی انعکاس کا مظہر اور اس کے استعمالات سے حصہ 9.4 میں بحث کی جاچکی ہے۔

http://www.falstad.com/ripple/
اختلاج کی نقل اندازی، انصراف، انعطاف، مُک، گمگ اور ڈوپلر کا اثر



شکل 10.5: ایک مقابلتاً لطیف واسطے پر واقع ایک مسطح لہر کا انعطاف، جس کے لیے $v_2 > v_1$ ۔ مسطح لہر عماد سے دور ہٹتی ہے۔

10.3.3 ایک مسطح سطح سے ایک مسطح لہر کا انعکاس

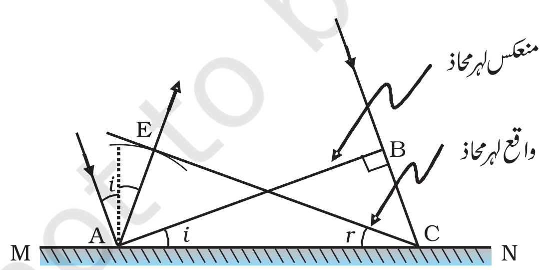
(Reflection of a plane wave by a plane surface)

اب ہم ایک مسطح لہر AB لیتے ہیں جو ایک انعکاسی سطح MN پر زاویہ i پر واقع ہے۔ اگر v سے واسطے میں لہر کی چال کو ظاہر کیا جاتا ہے اور لہر محاذ کو نقطہ B سے نقطہ C تک پہنچنے میں لگنے والے وقت کو τ سے ظاہر کیا جاتا ہے تو فاصلہ BC ہوگا:

$$BC = v\tau$$

منعکس لہر محاذ تشکیل دینے کے لیے ہم نقطہ A کو مرکز مانتے ہوئے $v\tau$ نصف قطر کا ایک کرہ کھینچتے ہیں، جیسا کہ شکل 10.6 میں دکھایا گیا ہے۔ فرض کیجیے کہ CE کے ذریعے اس کرہ پر نقطہ C سے کھینچے گئے مماس مستوی کو ظاہر کیا گیا ہے۔ ظاہر ہے کہ:

$$AE = BC = v\tau$$

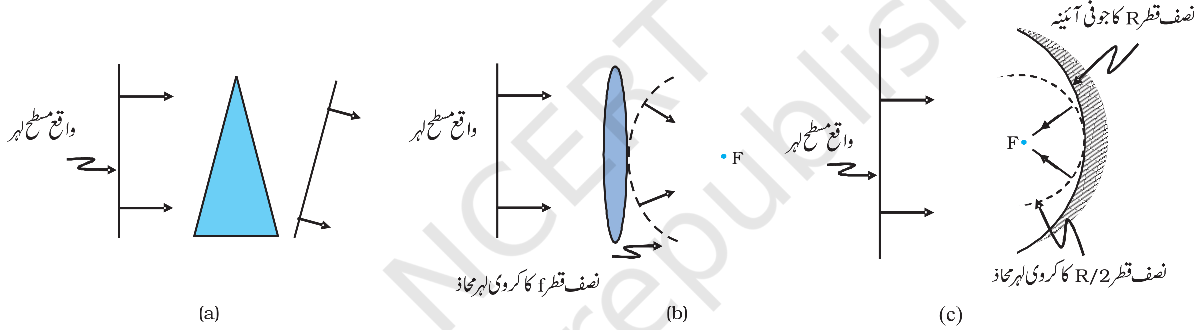


شکل 10.6: انعکاسی سطح MN کے ذریعے ایک مسطح لہر AB کا انعکاس۔ AB اور CE واقع اور منعکس لہر محاذوں کو ظاہر کرتے ہیں۔

اب مثلث EAC اور مثلث BAC لیں تو ہم دیکھیں گے کہ وہ مماثل (Congruent) ہیں۔ اس لیے زاویہ i اور زاویہ r (جیسا کہ شکل 10.6 میں دکھایا گیا ہے) مساوی ہوں گے۔ یہ انعکاس کا قانون ہے۔

اب ایک دفعہ جب ہم نے انعکاس اور انعطاف کے قوانین حاصل کر لیے تو پرزموں، لینسوں اور آئینوں کے برتاؤ کو

سمجھا جا سکتا ہے۔ان مظاہر سے باب 9 میں روشنی کی مستقیم اشاعت کی بنیاد پر تفصیلی بحث کی گئی تھی۔ یہاں ہم صرف لہر محاذوں کا وہ برتاؤ بیان کریں گے جو وہ منعکس یا منعطف ہوتے ہوئے ظاہر کرتے ہیں۔شکل 10.7(a) میں ہم ایک پتلے پرزم سے گذرتی ہوئی ایک مسطح لہر لیتے ہیں۔واضح ہے کہ شیشے میں روشنی کی چال مقابلتاً کم ہوگی،اس لیے اندر آرہے لہر محاذ کا نچلا حصہ (جو شیشہ کی سب سے زیادہ موٹائی سے گذرتا ہے) پیچھے رہ جائے گا،جس کے نتیجے میں باہر آنے والے لہر محاذ میں ایک جھکاؤ آجائے گا،جیسا کہ شکل میں دکھایا گیا ہے۔شکل 10.7(b) میں ہم ایک پتلے حدبی لینس پر واقع ایک مسطح لہر لیتے ہیں۔واقع مسطح لہر کا درمیانی حصہ لینس کے سب سے موٹے حصے سے گذرتا ہے اور اس لیے سب سے پیچھے رہ جاتا ہے۔اس لیے باہر آرہے لہر محاذ کے درمیانی حصے میں ایک زوال (Depression) ہوتا ہے اور اس لیے لہر محاذ کروی ہو جاتا ہے اور نقطہ F پر مرکوز ہوتا ہے،جو کہ فوکس کہلاتا ہے۔شکل 10.7(c) میں ایک مسطح لہر ایک جوفی آئینے پر واقع ہے اور انعکاس کے بعد ہمیں فوکس نقطہ F پر مرکوز ہوتی ہوئی ایک کروی لہر ملتی ہے۔اسی طرح سے ہم جوفی لینسوں اور حدبی آئینوں کے ذریعے ہونے والے انعطاف اور انعکاس کو بھی سمجھ سکتے ہیں۔



شکل 10.7: (a) ایک پتلے پرزم (b) ایک حدبی لینس کے ذریعے ایک مسطح لہر کا انعطاف (c) ایک جوفی آئینے کے ذریعے ایک مسطح لہر کا انعکاس

مندرجہ بالا بحث سے یہ اخذ کیا جا سکتا ہے کہ شے کے ایک نقطہ سے،اس کے مطابق شبیہ کے نقطے تک پہنچنے میں لیا گیا کل وقت کسی بھی کرن پر ناپے جانے پر یکساں ہوگا۔مثلاً،جب ایک حدبی لینس حقیقی شبیہ بنانے کے لیے روشنی کو فوکس کرتا ہے تو حالانکہ مرکز سے گذرنے والی کرن مقابلتاً کم راستہ طے کرتی ہے،لیکن کیونکہ شیشے میں اس کی چال مقابلتاً کم ہوتی ہے،لیا گیا وقت اتنا ہی ہوتا ہے جتنا کہ لینس کے کناروں کے نزدیک گذرنے والی کرنیں لیتی ہیں۔

10.3.4 ڈاپلر اثر (The doppler effect)

یہاں ہمیں یہ بتا دینا چاہیے کہ اگر ماخذ (Source) [یا مشاہد (observer)] حرکت کر رہا ہو تو ہمیں لہر محاذ تشکیل کرتے وقت محتاط رہنا چاہیے۔مثلاً،اگر کوئی واسطہ نہیں ہے اور ماخذ مشاہد سے دور ہٹ رہا ہے،تو بعد میں آنے والے لہر محاذوں کو مشاہد تک پہنچنے کے لیے زیادہ فاصلہ طے کرنا پڑے گا اور اس لیے انھیں وقت بھی زیادہ لگے گا۔اس لیے دو لگاتار لہر محاذوں کے پہنچنے کا درمیانی وقفہ ماخذ کے مقابلے میں مشاہد کے لیے زیادہ ہوگا۔اس لیے جب ماخذ،مشاہد سے دور ہٹتا ہے تو ماخذ کے ذریعے ناپا گیا تعدد مقابلتاً کم ہوگا۔یہ ڈاپلر اثر کہلاتا ہے۔ماہرین فلکیات ڈاپلر اثر کی وجہ سے پیدا ہونے والے طول لہر میں اضافے کو سرخ منتقلی (Red shift) کہتے ہیں،کیونکہ طیف کے بصری علاقے کے درمیانی حصے میں طول لہر طیف

کے سرخ سرے کی جانب منتقل ہوتی ہے۔ جب ایک ایسے ماخذ سے لہریں موصول ہوتی ہیں جو مشاہد کی جانب حرکت کر رہا ہو تو طول لہر میں ایک ظاہری کمی آ جاتی ہے، اسے نیلی منتقلی (blue shift) کہتے ہیں۔

آپ درجہ XI کی درسی کتاب کے باب 15 میں آواز کی لہروں کے لیے ڈاپلر اثر کا مطالعہ کر چکے ہیں۔ روشنی کی چال کے مقابلے میں خفیف رفتاروں کے لیے، ہم وہی فارمولا استعمال کر سکتے ہیں جو ہم آواز کی لہروں کے لیے استعمال کرتے ہیں۔ تعدد میں آنے والی کسری تبدیلی $\Delta\nu/\nu$ دی جاتی ہے: $-v_{\text{نصف قطری}}/c$ جہاں $v_{\text{نصف قطری}}$ مشاہد کی مناسبت سے، مشاہد کو ماخذ سے ملانے والے خط کی سمت میں، ماخذ کی رفتار کا جز ہے، $v_{\text{نصف قطری}}$ کو اس وقت مثبت لیا جاتا ہے جب ماخذ مشاہد سے دور ہٹ رہا ہو۔ اس لیے، ڈاپلر منتقلی کو ظاہر کیا جا سکتا ہے:

$$\frac{\Delta\nu}{\nu} = -\frac{v_{\text{نصف قطری}}}{c} \qquad (10.9)$$

اوپر دیا ہوا فارمولا صرف اسی وقت درست ہے جب ماخذ کی چال، روشنی کی چال کے مقابلے میں خفیف ہو۔ ڈاپلر اثر کے کے لیے ایک زیادہ درست فارمولا حاصل کرنے کے لیے، جو تبھی درست ہوتا ہے جب ماخذ کی چال، روشنی کی چال کے نزدیک ہوتی ہے، آئن سٹائن کے مخصوص نظریہ اضافت (special theory of relativity) کی ضرورت پڑتی ہے۔ علم فلکیات میں ڈاپلر اثر بہت اہمیت رکھتا ہے۔ ہم سے بہت طویل فاصلوں پر پائے جانے والی گیلیکسیوں کی نصف قطری رفتاروں کی پیمائش کی بنیاد یہی اثر ہے۔

مثال 10.1 ہماری مناسبت سے ایک گیلیکسی کو کس چال سے حرکت کرنا چاہیے کہ 589.0 nm پر حاصل ہونے والی سوڈیم لائن 589.6 nm پر دکھائی دے۔

حل $\because \nu\lambda = c, \quad \frac{\Delta\nu}{\nu} = -\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ (ν اور λ میں خفیف تبدیلیوں کے لیے)

$$\Delta\lambda = 589.6 - 589.0 = +\,0.6\ \text{nm}$$

کے لیے [مساوات (10.9) استعمال کرنے پر] ہمیں حاصل ہوتا ہے:

$$\frac{\Delta\nu}{\nu} = -\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = -\frac{v_{\text{نصف قطری}}}{c}$$

یا،

$$v_{\text{نصف قطری}} \cong +c\left(\frac{0.6}{589.0}\right) = +3.06\times10^{5}\ \text{m s}^{-1}$$

$$= 306\ \text{km/s}$$

اس لیے، گیلیکسی ہم سے دور ہٹ رہی ہے۔

مثال 10.1

مثال 10.2

(a) جب دو واسطوں کو الگ کرنے والی سطح پر ایک یک رنگی روشنی واقع ہوتی ہے، تو منعکس اور منعطف دونوں روشنیوں کا تعدد وہی ہوتا ہے جو واقع روشنی کا ہوتا ہے۔ وضاحت کیجیے، کیوں؟

(b) جب روشنی ایک مقابلتاً لطیف واسطے سے ایک مقابلتاً کثیف واسطے میں جاتی ہے تو اس کی رفتار کم ہو جاتی ہے۔ کیا رفتار میں کمی آ جانے سے یہ اخذ کیا جا سکتا ہے کہ روشنی کی لہر کے ذریعے لے جائی جانے والی توانائی میں بھی کمی ہو گی؟

(c) روشنی کے لہر نظریہ میں، روشنی کی شدت، لہر کی وسعت کے مربع سے دی جاتی ہے۔ روشنی کے فوٹان نظریہ میں، روشنی کی شدت کس سے دی جاتی ہے؟

حل

(a) انعکاس اور انعطاف، واقع روشنی کے مادّے کے ایٹمی اجزا سے باہمی عمل کے ذریعے ہوتے ہیں۔ ایٹموں کو ایسے اہتزاز کار سمجھا جا سکتا ہے جو اس باہری ایجنسی (روشنی) کے تعدد کو جذب کر لیتے ہیں جو جبری اہتزازات (forced oscillations) پیدا کر رہی ہے۔ ایک چارج شدہ اہتزاز کار سے خارج ہوئی روشنی کا تعدد اس کے اہتزازات کے تعدد کے مساوی ہوتا ہے۔ اس لیے، منتشر ہوئی روشنی کا تعدد، واقع روشنی کے تعدد کے مساوی ہوتا ہے۔

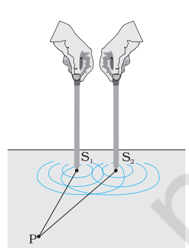
(b) نہیں، ایک لہر کے ذریعے لے جائی جا رہی توانائی لہر کی وسعت کے تابع ہے، لہر کے اشعاع کی چال پر نہیں۔

(c) ایک دیے ہوئے تعدد کے لیے، فوٹان نظریہ میں روشنی کی شدت، ایک اکائی رقبہ سے، ایک اکائی وقت میں گذرنے والے فوٹانوں کی تعداد کے ذریعے دی جاتی ہے۔

مثال 10.2

10.4 لہروں کی مربوط اور غیر مربوط جمع (COHERENT AND INCOHERENT ADDITION OF WAVES)

اس حصہ میں دو لہروں کے انطباق کے ذریعے بننے والے تداخل نمونے (interference pattern) سے بحث کریں گے۔ آپ کو یاد ہو گا کہ ہم نے آپ کی درجہ XI کی درسی کتاب کے باب 15 میں انطباق کے اصول (superpostion principle) سے بحث کی تھی۔ تداخل کا پورا میدان (مضمون) ہی انطباق کے اصول پر مبنی ہے، جس کے مطابق واسطے کے کسی مخصوص نقطے پر، کئی لہروں کے ذریعے پیدا کیا گیا ماحصل نقل، ہر لہر کے ذریعے پیدا کیے گئے نقلوں کا سمتی حاصل جمع ہوتا ہے۔



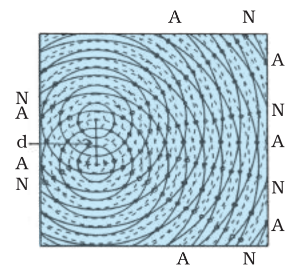
(a)

شکل 10.8 (a): دو سلائیاں جو پانی میں فیز میں اہتزاز کر رہی ہیں، دو مربوط ماخذوں کو ظاہر کرتی ہیں۔

دو سلائیاں S_1 اور S_2 ایک پانی سے بھرے برتن میں اوپر نیچے، دوری طور پر، ایسی حرکت کر رہی ہیں جو ہر طرح

سے ایک دوسرے کے متماثل ہے [شکل (a)10.8]۔ وہ پانی کی دو لہریں پیدا کرتی ہیں، اور ایک مخصوص نقطہ پر، ان لہروں میں سے ہر ایک کے ذریعے پیدا ہوئے نقلوں میں فیز فرق وقت کے ساتھ تبدیل نہیں ہوتا۔ جب ایسا ہوتا ہے تو دونوں ماخذ مربوط (coherent) کہلاتے ہیں۔ شکل (b)10.8 میں ایک دی ہوئی ساعت وقت پر فرازوں (crests) (ٹھوس دائرے) اور نشیبوں (troughs) (خط کشیدہ دائرے) کے مقامات دکھائے گئے ہیں۔ ایک نقطہ P لیجیے، جس کے لیے:

$$S_1P = S_2P$$



(b) ایک ساعت وقت پر پانی کے مالیکیولوں کے پانی کی سطح پر نقل کا نمونہ، جس میں نوڈل خطوط (کوئی نقل نہیں) 'N' اور مخالف نوڈل خطوط (اعظم نقل) A دکھائے گئے ہیں۔

کیونکہ فاصلے S_1P اور S_2P مساوی ہیں، اس لیے S_1 اور S_2 سے نکلنے والی لہریں نقطہ P تک پہنچنے میں یکساں وقت لیں گی اور S_1 اور S_2 سے جو لہریں فیز میں نکلتی ہیں وہ نقطہ P پر بھی فیز میں پہنچیں گی۔

اس لیے، اگر ماخذ S_1 سے نکلنے والی لہر کے ذریعے نقطہ P پر پیدا ہوا نقل دیا جاتا ہے:

$$y_1 = a\cos\omega t$$

تب ماخذ S_2 سے نکلنے والی لہر کے ذریعے (نقطہ P پر) پیدا ہوا نقل بھی دیا جائے گا:

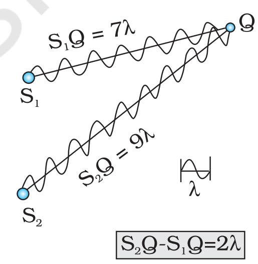
$$y_2 = a\cos\omega t$$

اس لیے P پر ان نقلوں کا ماحصل دیا جائے گا:

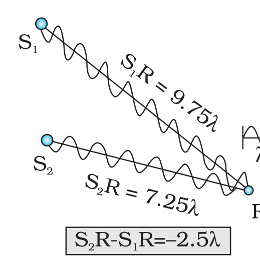
$$y = y_1 + y_2 = 2\,a\cos\omega t$$

کیونکہ شدت، وسعت کے مربع کے متناسب ہے، اس لیے ماحصل شدت دی جائے گی:

$$I = 4\,I_0$$



جہاں I_0، ہر انفرادی لہر کے ذریعے پیدا ہوئی شدت کو ظاہر کرتا ہے، I_0، a^2 کے متناسب ہے۔ دراصل S_1S_2 کے عمودی ناصف پر کسی بھی نقطے پر، شدت $4\,I_0$ ہوگی۔ اب کہا جاتا ہے کہ دونوں ماخذ تعمیری طور پر (constructive) تداخل کر رہے ہیں اور اس طرح ہمیں تعمیری تداخل (constructive interference) حاصل ہوتا ہے۔ اب ہم ایک نقطہ Q لیتے ہیں [شکل (a)10.9]، جس کے لیے:



شکل 10.9: (a) نقطہ Q پر تعمیری تداخل، جس کے لیے راہ فرق 2λ ہے۔ (b) نقطہ R پر تخریبی تداخل، جس کے لیے راہ فرق $2.5\,\lambda$ ہے۔

$$S_2Q - S_1Q = 2\lambda$$

اب S_1 سے نکلنے والی لہریں، S_2 سے نکلنے والی لہروں سے، بالکل درست طور پر، دو سائیکل پہلے پہنچیں گی اور اب بھی فیز میں ہوں گی [شکل (a) 10.9]۔ اس لیے، اگر S_1 سے پیدا ہونے والا نقل دیا جاتا ہے:

$$y_1 = a\cos\omega t$$

تب S_2 سے پیدا ہوئے نقل دیا جائے گا

$$y_2 = a\cos(\omega t - 4\pi) = a\cos\omega t$$

جہاں، ہم نے یہ حقیقت استعمال کی ہے کہ 2λ کا راہ فرق 4π کے فیز فرق سے مطابقت رکھتا ہے۔ دونوں نقل اب بھی فیز میں ہیں اور شدت، ایک بار پھر، $4\,I_0$ ہوگی، جس سے تعمیری مداخلت حاصل ہوگی۔ مندرجہ بالا تجزیہ میں ہم نے یہ

فرض کرلیا ہے کہ فاصلے S_1Q اور S_2Q، d سے بہت بڑے ہیں (d، S_1 اور S_2 کے درمیانی فاصلے کو ظاہر کرتا ہے)، اس لیے حالانکہ S_1Q اور S_2Q مساوی نہیں ہیں، ہرلہر سے پیدا ہوئے نقل کی وسعتیں قریب قریب یکساں ہیں۔

اس کے بعد ہم ایک نقطہ R [شکل (b) 10.9] لیتے ہیں، جس کے لیے

$$S_2R - S_1R = -2.5\ \lambda$$

S_1 سے نکلنے والی لہریں، S_2 سے نکلنے والی لہروں کے، ڈھائی سائیکل (بالکل درست طور پر) بعد پہنچیں گی [شکل (b)10.9]۔ اس لیے اگر S_1 کے ذریعے پیدا ہوا نقل دیا جاتا ہے:

$$y_1 = a \cos \omega t$$

تو S_2 کے ذریعے پیدا ہوا نقل دیا جائے گا:

$$y_2 = a \cos (\omega t + 5\pi) = -a \cos \omega t$$

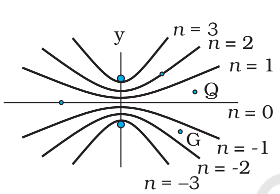
جہاں ہم نے اس حقیقت کو استعمال کیا ہے کہ 2.5λ کا راہ فرق 5π کے فیز فرق کے مطابق ہے۔ اب دونوں نقل ایک دوسرے سے فیز کے باہر ہیں اور دونوں نقل ایک دوسرے کی مکمل طور پر تنسیخ کر دیتے ہیں اور صفر شدت حاصل ہوتی ہے۔ اسے تخریبی تداخل (destructive interference) کہا جاتا ہے۔

خلاصہ کے طور پر: اگر ہمارے پاس دو مربوط ماخذ S_1 اور S_2 ہیں جو فیز میں اہتزاز کر رہے ہیں، تو ایک اختیاری نقطہ P کے لیے، جب بھی راہ فرق ہوگا،

$$S_1P \sim S_2P = n\lambda \quad (n = 0, 1, 2, 3,...) \qquad (10.10)$$

ہمیں تعمیری تداخل حاصل ہوگا اور ماحصل شدت $4\ I_0$ ہوگی، S_1P اور S_2P کے درمیان علامت ~، S_1P اور S_2P کے درمیان فرق کو ظاہر کرتی ہے۔ دوسری طرف، اگر نقطہ P ایسا ہے کہ راستہ فرق ہے،

$$S_1P \sim S_2P = \left(n+\frac{1}{2}\right)\lambda \quad (n = 0, 1, 2, 3, ...) \qquad (10.11)$$



شکل 10.10 ان نقاط کا لوکس (Locus)، جن کے لیے $S_1P - S_2P$ صفر، $\pm\lambda$، $\pm 2\lambda$، $\pm 3\lambda$، کے مساوی ہے۔

تو ہمیں تخریبی تداخل حاصل ہوگا اور ماحصل شدت صفر ہوگی۔ اب کسی بھی دوسرے اختیاری نقطہ G کے لیے (شکل 10.10)، فرض کیجیے کہ دونوں نقلوں کے درمیان فیز فرق ϕ ہے۔ اس لیے، اگر S_1 کے ذریعے پیدا ہوا نقل دیا جاتا ہے:

$$y_1 = a \cos \omega t$$

تب، S_2 کے ذریعے پیدا ہوا نقل ہوگا

$$y_2 = a \cos (\omega t + \phi)$$

اور ماحصل نقل دیا جائے گا

$$y = y_1 + y_2$$

$$= a\,[\cos \omega t + \cos (\omega t + \phi)]$$

$$= 2\,a \cos (\phi/2) \cos (\omega t + \phi/2)$$

$$\left[\because \cos A + \cos B = 2\cos\left(\frac{A+B}{2}\right)\cos\left(\frac{A-B}{2}\right)\right]$$

ماحصل نقل کی وسعت $2a\cos(\phi/2)$ ہے اور اس لیے اس نقطہ پر شدت ہوگی:

$$I = 4\,I_0\cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right) \qquad (10.12)$$

اگر $\phi = 0, \pm 2\pi, \pm 4\pi, ...$ ، جو مساوات (10.10) میں دی گئی شرط کے مطابق ہے، تو ہمیں تعمیری تداخل حاصل ہوگا، جس سے اعظم شدت ملے گی۔ دوسری طرف، اگر: $\phi = \pm\pi, \pm 3\pi, \pm 5\pi ...$ [جو مساوات (10.11) میں دی گئی شرط کے مطابق ہے] تو ہمیں تخریبی تداخل حاصل ہوگا، جس کے نتیجے میں صفر شدت ملے گی۔

اب، اگر دو ماخذ مربوط ہیں (یعنی کہ، دونوں سلائیاں باقاعدہ طور پر اوپر نیچے حرکت کر رہی ہیں)، تو کسی بھی نقطہ پر فیز فرق ϕ، وقت کے ساتھ تبدیل نہیں ہوگا اور ہمیں ایک مستحکم (stable) تداخل نمونہ (interference pattern) حاصل ہوگا، یعنی کہ، اعظم قدروں (Maximum) اور اقل ترین قدروں (Minimum) کے مقامات وقت کے ساتھ تبدیل نہیں ہوں گے۔ لیکن اگر دونوں سلائیاں ایک مستقلہ فیز فرق برقرار نہیں رکھتی ہیں تو تداخل نمونہ بھی وقت کے ساتھ تبدیل ہوتا رہے گا اور اگر فیز فرق وقت کے ساتھ بہت تیزی سے تبدیل ہو رہا ہو تو اعظم قدروں اور اقل ترین قدروں کے مقامات بھی وقت کے ساتھ بہت تیزی سے تبدیل ہوں گے اور ہمیں ایک ''وقت پر اوسط ہوئی'' (time averaged) شدت تقسیم دیکھنے کو ملے گی۔ جب ایسا ہوتا ہے، تو ہم ایک اوسط شدت کا مشاہدہ کرتے ہیں، جو دی جائے گی:

$$\langle I \rangle = 4I_0 \langle \cos^2(\phi/2) \rangle \qquad (10.13)$$

جہاں زاویائی قوسین (angular brackets) وقت پر اوسط کرنے کے عمل کو ظاہر کرتے ہیں۔ حصہ 7.2 میں ہم واضح طور پر دیکھ چکے ہیں کہ اگر $\phi(t)$ وقت کے ساتھ اختیاری طور پر (randomly) تبدیل ہوتا ہے، تو وقت پر اوسط کی گئی مقدار $\langle \cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right) \rangle$، 1 / 2 ہوتی ہے۔ یہ ہم ویسے بھی، سوچ سکتے ہیں، کیونکہ تفاعل $\cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right)$ کی قدر، اختیاری طور پر، 0 اور 1 کے درمیان تبدیل ہوگی اور اوسط قدر 1/2 ہوگی۔ تمام نقاط پر، ماحصل شدت دی جائے گی:

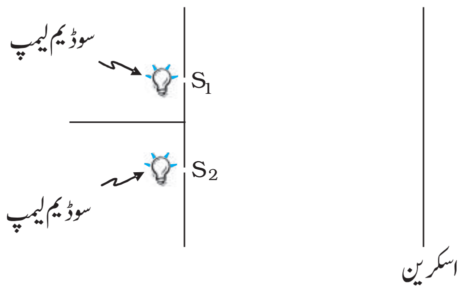
$$I = 2\,I_0 \qquad (10.14)$$

جب دو اہتزاز کرتے ہوئے ماخذوں کے درمیان فیز فرق، وقت کے ساتھ، تیزی سے تبدیل ہوتا ہے تو ہم کہتے ہیں کہ دونوں ماخذ غیر مربوط (incoherent) ہیں اور جب ایسا ہوتا ہے تو شدتیں صرف سادہ طور پر جمع ہو جاتی ہیں۔ بالکل ایسا ہی اس وقت ہوتا ہے جب دو علاحدہ علاحدہ ماخذوں سے روشنی ایک دیوار پر پڑتی ہے۔

10.5 روشنی کی لہروں کا تداخل اور ینگ کا تجربہ (INTERFERENCE OF LIGHT WAVES AND YOUNG'S EXPERIMENT)

اب ہم روشنی کی لہروں کے ذریعے پیدا ہونے والے تداخل سے بحث کریں گے۔ اگر ہم دو سوڈیم لیمپ استعمال کریں، جو دو پن ہولوں (سوئی چھیدوں) (pinholes) کو روشن کر رہے ہوں (شکل 10.11) تو ہمیں کوئی تداخل فرنجیں

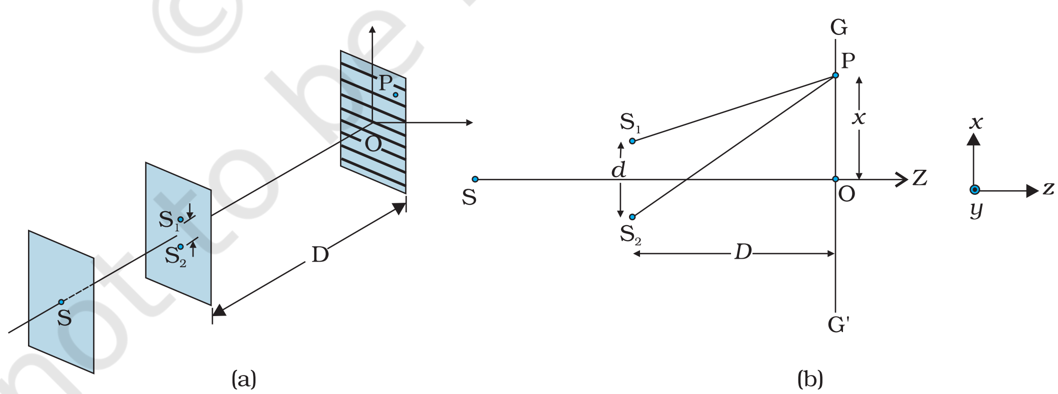
ریپل ٹینک کا بہتر تداخل پیٹرن
http://www.colorado.edu/physics/2000/applets/fourier.html



شکل 10.11: اگر دو سوڈیم لیمپ دو سوئی چھیدوں S_1 اور S_2 کو روشن کرتے ہیں تو شدتیں آپس میں جڑ جائیں گی اور پردہ پر کوئی تداخل فرنجیں نہیں دکھائی دیں گی۔

(interference fringes) نہیں دکھائی دیں گی۔ ایسا اس وجہ سے ہوتا ہے کیونکہ ایک عام ماخذ (جیسے سوڈیم لیمپ) سے خارج ہونے والی لہروں میں، 10^{-10} سیکنڈ کے درجہ کے اوقات میں یکا یک اور بے ربط فیز تبدیلیاں ہوتی رہتی ہیں۔ اس لیے دو علاحدہ علاحدہ ماخذوں سے خارج ہو رہی روشنی کی لہروں میں کوئی متعین فیز رشتہ نہیں ہوگا اور وہ غیر مربوط ہوں گی۔ جب ایسا ہوتا ہے، تو جیسا کہ پچھلے حصے میں بحث کی جا چکی ہے، اسکرین پر شدتیں آپس میں جڑ جائیں گی۔

برطانوی طبعیات داں تھامس ینگ (Thomas young) نے، S_1 اور S_2 سے خارج ہو رہی لہروں کے فیزوں کو ''تالا بند'' (Lock) کرنے کی ایک انوکھی حکمت عملی اختیار کی۔ انھوں نے ایک غیر شفاف (Opaque) پردہ پر بہت قریب قریب دو سوئی چھید بنائے [شکل (a)10.12]۔ یہ ایک دوسرے سوئی چھید 'S' سے آ رہی روشنی سے روشن کیے گئے جب کہ اس 'S' سوئی چھید پر روشنی ایک چمکدار ماخذ سے پڑ رہی تھی۔ روشنی کی لہریں S سے باہر کی طرف پھیلتی ہیں اور S_1 اور S_2 دو مربوط ماخذوں کی طرح برتاؤ کرتے ہیں کیونکہ S_1 اور S_2 سے باہر آ رہی روشنی کی کرنیں ایک ہی آغازی ماخذ سے اخذ کی گئی ہیں اور S میں ہونے والی کوئی بھی اچانک اور غیر مربوط فیز تبدیلی، S_1 اور S_2 سے آ رہی روشنیوں میں بالکل درست طور پر، یکساں فیز تبدیلی کی شکل میں ظاہر ہوتی ہے۔ اس لیے دونوں ماخذ S_1 اور S_2 فیز میں ''تالہ بند'' ہو جاتے ہیں، یعنی کہ، وہ ہماری پانی کی لہر میں دو اہتزاز کرتی ہوئی سلائیوں کی طرح [شکل (a)10.8] مربوط ہوں گے۔



شکل 10.12: تداخل نمونہ بنانے کے لیے ینگ کی ترتیب

اس لیے، S_1 اور S_2 سے نکلنے والی کروی لہریں، پردہ GG' پر تداخل فرنجیں پیدا کریں گی، جیسا کہ شکل (b) 10.12 میں دکھایا گیا ہے۔ حصہ 10.4 میں دیے ہوئے تجزیہ کو استعمال کر کے شدتوں کی اعظم اور اقل قدروں کے مقامات کی

تحسیب کی جاسکتی ہے۔حصہ 10.4 میں ہم دکھا چکے ہیں کہ خط GG' پر ایک اختیاری نقطہ P [شکل (b) 10.12] کو اعظم قدر کے مطابق ہونے کے لیے، ضروری ہے کہ

$$S_2P - S_1P = n\lambda; \quad n = 0, 1, 2 \ldots \qquad (10.15)$$

اب

$$(S_2P)^2 - (S_1P)^2 = \left[D^2 + \left(x+\frac{d}{2}\right)^2\right] - \left[D^2 + \left(x-\frac{d}{2}\right)^2\right] = 2x\,d$$

جہاں: $S_1\ S_2 = d$ اور $OP = x$، اس لیے

$$S_2P - S_1P = \frac{2xd}{S_2P+S_1P} \qquad (10.16)$$

اگر $x, d \ll D$، تو $S_2P + S_1P$ (نسب نما میں) کو 2D سے تبدیل کرنے سے اقل ترین سہو شامل ہوگا۔ مثلاً $d = 0.1$ cm, $D = 100$ cm, $OP = 1$ cm (جو روشنی کی لہروں کو استعمال کرتے ہوئے ایک تداخل تجربہ کے لیے مخصوص قدروں کے مطابق ہیں)۔ ہمیں حاصل ہوتا ہے

$$S_2P + S_1P = [(100)^2 + (1.05)^2]^{1/2} + [(100)^2 + (0.95)^2]^{1/2}$$

$$\approx 200.01 \text{ cm}$$

اس لیے اگر ہم $S_1P + S_2P$ کو 2D سے تبدیل کردیں تو اس میں شامل سہو تقریباً 0.005% ہے۔

تھامس ینگ (1773–1829)

تھامس ینگ (1773–1829) انگریز طبیعیات داں، طبّی ماہر اور ماہر مصریات۔ ینگ نے مختلف النوع سائنسی مسائل پر کام کیا، جو آنکھ کی بناوٹ اور بصارت کے میکانزم سے روسیٹا پتھر کی رمزی عبارت کو پڑھنے تک پھیلے ہوئے ہیں۔ انھوں نے روشنی کے لہر نظریہ کو دوبارہ زندہ کیا اور یہ پہچان لیا کہ تداخل کا مظہر روشنی کی لہر خاصیتوں کا ثبوت مہیا کرتا ہے۔

اس تقریبیت کے ساتھ مساوات (10.16) ہو جاتی ہے:

$$S_2P - S_1P \approx \frac{xd}{D} \qquad (10.17)$$

اس لیے ہمیں تعمیری تداخل کے نتیجے میں ایک چمکدار علاقہ ملے گا، جب

$$x = x_n = \frac{n\lambda D}{d};\ n = 0, 1, \pm 2, \ldots \qquad (10.18)$$

دوسری طرف، ہمیں تخریبی تداخل کے نتیجے ایک سیاہ علاقہ ملے گا، یعنی جب $x = x_n = \left(n+\frac{1}{2}\right)$

$$x = x_n = \left(n+\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda D}{d};\quad n = 0, \pm 1, \pm 2 \qquad (10.19)$$

اس لیے، اسکرین پر سیاہ اور روشن پٹیاں ظاہر ہوتی ہیں، جیسا کہ شکل (10.13) میں دکھایا گیا ہے۔ یہ پٹیاں فرنجیں (Fringes) کہلاتی ہیں۔ مساواتیں (10.18) اور (10.19) ظاہر کرتی ہیں کہ سیاہ اور چمکدار پٹیوں میں مساوی فاصلہ ہوتا ہے اور دو لگاتار سیاہ اور چمکدار پٹیوں کے درمیان فاصلہ دیا جاتا ہے:

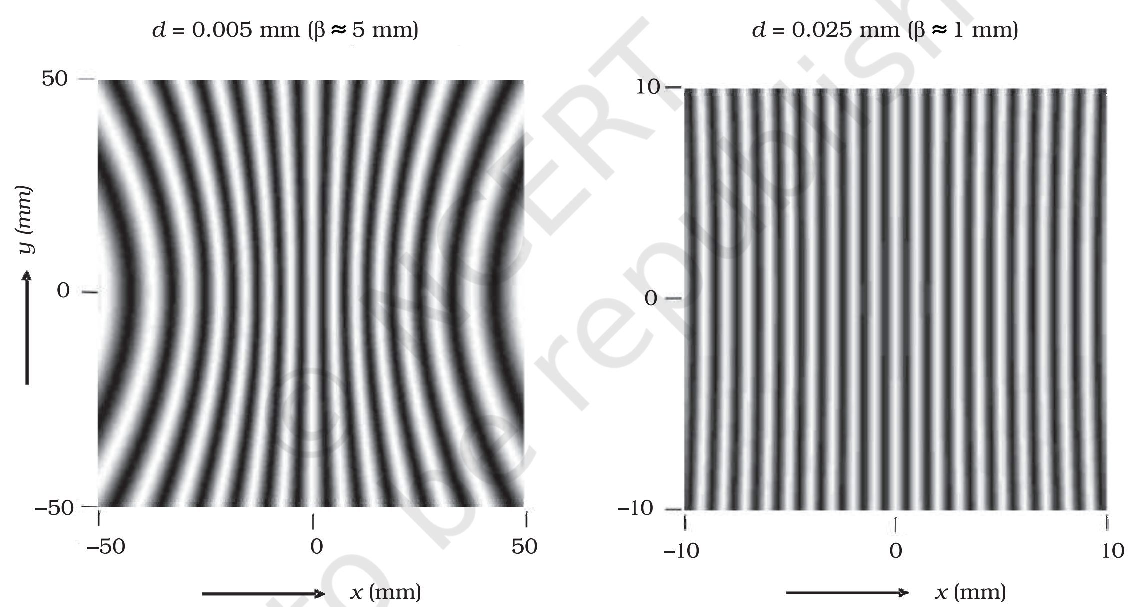
$$\beta = x_{n+1} - x_n$$

یا

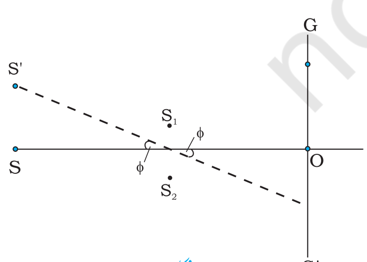
$$\beta = \frac{\lambda D}{d} \qquad (10.20)$$

جو کہ فرنج چوڑائی کی ریاضیاتی عبارت ہے۔ ظاہر ہے کہ مرکزی نقطہ O (شکل 10.12 میں) چمکدار ہوگا، کیونکہ

$S_1O = S_2O$ اور یہ $n = 0$ کے مطابق ہوگا۔ مساوات (10.18) اگر ہم کاغذ کے مستوی پر عمود اور O سے گذرتا ہوا خط لیں (یعنی کہ، y- محور پر) تب اس خط کے تمام نقاط S_1 اور S_2 سے ہم فاصلہ ہوں گے اور ہمیں ایک چمکدار مرکزی فرنج حاصل ہوگی، جو کہ ایک مستقیم خط ہے، جیسا کہ شکل 10.13 میں دکھایا گیا ہے۔ پردہ پر بن رہے تداخل نمونے کی شکل معلوم کرنے کے لیے ہم نوٹ کرتے ہیں کہ ایک مخصوص فرنج ان تمام نقاط کے لوکس کے مطابق ہوگی جن کے لیے $(S_1P - S_2P)$ کی قدر مستقلہ ہے۔ جب بھی یہ مستقلہ λ کا صحیح عدد ضعف (integral multiple) ہوگا، فرنج چمکدار ہوگی اور جب بھی یہ مستقلہ $\lambda/2$ کا طاق صحیح عدد ضعف (odd integral multiple) ہوگا، فرنج سیاہ ہوگی۔ اب نقطہ P کا لوکس جو $x - y$ مستوی میں ہے، اس طرح کہ $S_2P - S_1P\ (= \Delta)$ ایک مستقلہ ہے، ایک زائد (hyperbola) ہے۔ اس لیے فرنج نمونہ، بالکل درست طور پر، ایک زائد ہوگا، لیکن اگر فاصلہ D، فرنج چوڑائی کے مقابلے میں بہت زیادہ ہو تو فرنجیں تقریباً تقریباً مستقیم خط ہوں گی، جیسا کہ شکل 10.13 میں دکھایا گیا ہے۔



شکل 10.13: دو نقطہ ماخذ S_1 اور S_2 سے پیدا ہوا، کمپیوٹر کے ذریعے بنایا گیا، پردہ GG′ پر، فرنج نمونہ (شکل 10.12(a)): (a) اور (b)، بالترتیب $d = 0.005$ mm اور 0.025 mm کے مطابق ہیں (دونوں شکلیں $D = 5$ cm اور $\lambda = 5 \times 10^{-5}$ cm سے مطابقت رکھتی ہیں) [آپٹکس، (OPTICS)، اے گھٹک، ٹاٹا میکگراہل پبلشنگ کمپنی لمیٹڈ، نئی دہلی 2000 سے ماخوذ]



شکل 10.12(b)

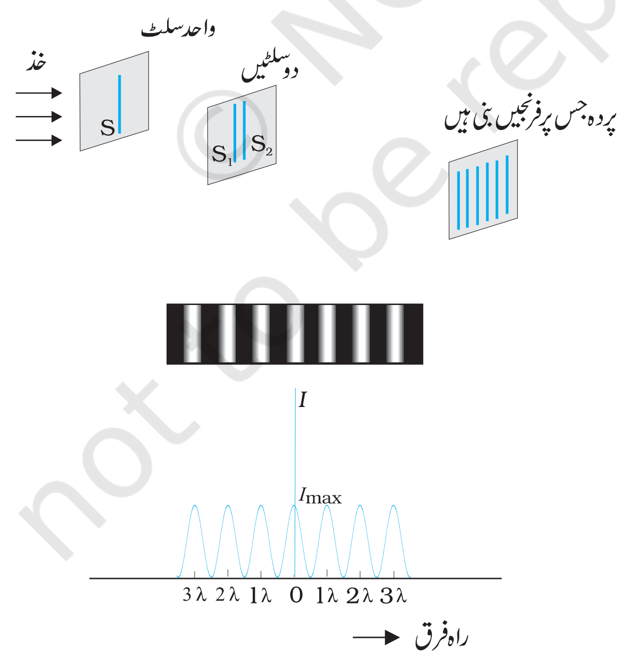
دو- جھری (ڈبل سلٹ Double slit) تجربے میں، جو شکل 10.12(b) میں دکھایا گیا ہے، ہم نے دونوں سلٹوں کے عمودی ناصف پر ماخذ سوراخ 'S' لیا ہے، جسے خط SO سے دکھایا گیا ہے۔ کیا ہوگا اگر ماخذ S، عمودی ناصف سے تھوڑا ہٹا ہوا ہو۔ مان لیجیے کہ ماخذ کو کسی نئے نقطے S′ پر لے جایا گیا ہے اور فرض کر لیجیے کہ S_1 اور S_2 کا وسطی نقطہ Q ہے۔ اگر زاویہ S′QS، ϕ ہے تو مرکزی چمکدار فرنج زاویہ $(-\phi)$ پر دوسری طرف، ملے گی۔ اس لیے اگر ماخذ عمودی ناصف پر ہو تو مرکزی فرنج O پر بنتی ہے، جو خود بھی عمودی ناصف پر ہے۔ اگر S کو ایک زاویہ ϕ′ سے نقطہ S′ پر منتقل کر دیا جائے تو مرکزی

فرنج، ایک زاویہ (‎$-\phi$‎) پر، نقطہ O′ پر دکھائی دیتی ہے، جس کا مطلب ہے کہ یہ یکساں زاویہ سے، ناصف کی دوسری طرف منتقل ہوجاتی ہے۔ اس کا مطلب یہ بھی ہے کہ ماخذ S′، وسطی نقطہ Q اور مرکزی فرنج کا نقطہ O′، ایک مستقیم خط میں ہیں۔

ہم اس حصہ کو ڈینس گیبر (Dennis Gabor)* کے نوبل لکچر سے لیے گئے ایک اقتباس کے ساتھ ختم کرتے ہیں:

”روشنی کی لہر۔ طبع کا تھامس ینگ نے 1801 میں، ایک تعجب خیز سادہ تجربہ کے ذریعے، سب سے پہلے، مظاہرہ کیا۔ انھوں نے سورج کی ایک کرن کو ایک تاریک کمرے میں داخل ہونے دیا، اس کے سامنے ایک ایسا تاریک پردہ رکھا جس میں دو چھوٹے چھوٹے سوئی چھید تھے، اور اس کے پیچھے کچھ فاصلہ پر ایک سفید پردہ رکھا۔ تب انھیں ایک چمکدار خط کے دونوں طرف ایک ایک سیاہ خط نظر آیا، جس سے انھیں اس تجربہ کو دہرانے کے لیے حوصلہ ملا۔ اب انھوں نے بطور روشنی کے ماخذ ایک اسپرٹ لیمپ لیا اور اس میں تھوڑا سا نمک شامل کر دیا تا کہ چمکدار پیلی سوڈیم روشنی حاصل ہو سکے۔ اب انھوں نے کئی سیاہ خطوط دیکھے، جن کے درمیان مساوی فاصلہ تھا۔ یہ اس بات کا پہلا واضح ثبوت تھا کہ روشنی میں روشنی کو جمع کرنے سے تاریکی پیدا ہوسکتی ہے۔ یہ مظہر تداخل کہلاتا ہے۔ تھامس ینگ کو ایسی ہی امید بھی تھی کیونکہ وہ روشنی کے لہر نظریہ پر یقین رکھتے تھے۔“

یہاں ہم یہ ذکر کرنا چاہیں گے کہ حالانکہ S_1 اور S_2 نقطہ ماخذ ہیں، فرنجیں مستقیم خط ہیں۔ اگر نقطہ ماخذوں کی جگہ ہمارے پاس جھریاں (slits) ہوں (شکل 10.14)، تو نقطوں کے ہر جوڑوں پر ایک مستقیم خط فرنج بنے گی، جس کے نتیجے میں بڑھی ہوئی شدت کی مستقیم خط فرنجیں حاصل ہوں گی۔



شکل 10.14: ینگ کے دو-سلٹ تجربے کا فوٹوگراف اور شدت تقسیم کا گراف

ینگ کے تجربے کا جوش تعامل
http://vsg.quasihome.com/interfer.html

طبیعیات

*ہولوگرافی کے اصول دریافت کرنے کے لیے، 1971 میں ڈینس گیبر کو طبیعیات کے نوبل انعام سے نوازا گیا۔

مثال10.3 دوسلٹیں ایک دوسرے سے 1mm کے فاصلے پر بنائی گئیں اور ر پردہ کو 1 میٹر دور رکھا گیا۔ اگر 500 nm طولِ لہر کی ہری روشنی استعمال کی جائے تو فرنجوں کے درمیان فاصلہ کتنا ہوگا؟

حل

دولگا تار فرنجوں کے بیچ کی دوری $= \dfrac{D\lambda}{d} = \dfrac{1\times5\times10^{-7}}{1\times10^{3}}\,\text{m}$

$= 5 \times 10^{-4}\ \text{m} = 0.5\ \text{mm}$

مثال 10.3

مثال10.4 مندرجہ ذیل میں سے ہر ایک عمل کا، ایک ینگ کے دو-سلٹ تجربے میں بننے والی تداخل فرنجوں پر کیا اثر ہوگا؟

(a) پردہ کو سلٹوں کے مستوی سے دور ہٹا دیا جائے۔

(b) ماخذ (یک رنگی) کو مقابلتاً کم طول لہر کے ماخذ (یک رنگی) سے بدل دیا جائے۔

(c) دونوں سلٹوں کے درمیانی فاصلے کو بڑھا دیا جائے۔

(d) ماخذ سلٹ کو دو-سلٹ مستوی کے نزدیک لے آیا جائے۔

(e) ماخذ سلٹ کی چوڑائی کو بڑھا دیا جائے۔

(f) یک رنگی ماخذ کو سفید روشنی کے ماخذ سے تبدیل کر دیا جائے۔

(ہر عمل کے دوران مان لیجیے کہ نشان زد کی گئی تبدیلی کے علاوہ باقی سب مقداریں غیر تبدیل شدہ رہتی ہیں)

حل

(a) فرنجوں کا زاویائی درمیانی فاصلہ ($= \lambda/d$) مستقلہ رہتا ہے۔ فرنجوں کے درمیان اصل فاصلہ، دونوں سلٹ کے مستوی سے پردہ کے فاصلے کی مناسبت میں، بڑھ جاتا ہے۔

(b) دولگا تار فرنجوں کے درمیان فاصلہ (اور زاویائی درمیانی فاصلہ بھی) کم ہو جاتا ہے۔ پھر بھی، نیچے (d) میں دی ہوئی شرط دیکھیے۔

(c) دولگا تار فرنجوں کا درمیانی فاصلہ (اور زاویائی درمیانی فاصلہ بھی) کم ہو جاتا ہے۔ پھر بھی، نیچے (d) میں دی ہوئی شرط دیکھیے۔

(d) فرض کیجیے ماخذ کا سائز s ہے اور ماخذ کا دونوں سلٹوں کے مستوی سے فاصلہ S ہے۔ تداخل فرنجیں دکھائی دینے کے لیے، شرط: $s/S < \lambda/d$ مطمئن ہونا ضروری ہے، ورنہ ماخذ کے مختلف حصوں سے بنے ہوئے تداخل نمونے ایک دوسرے کے اوپر منطبق ہو جاتے ہیں اور کوئی فرنج نہیں دکھائی دیتی۔ اس لیے، جیسے جیسے S کم ہو جاتا ہے (یعنی کہ، ماخذ سلٹ کو قریب لایا جاتا ہے)، تو تداخل نمونہ بھی تبدریج کم

مثال 10.4

مثال 10.4

واضح ہوتا جاتا ہے اور جب ماخذ کو اتنا قریب لے آیا جاتا ہے کہ یہ شرط مطمئن نہیں ہوتی تو فرنجیں غائب ہوجاتی ہیں۔ جب تک ایسا نہیں ہوتا، فرنج درمیانی دوری اتنی ہی رہتی ہے۔

(e) وہی جو (d) میں بتایا گیا ہے۔ جیسے جیسے ماخذ سلٹ چوڑائی بڑھتی جاتی ہے، فرنج نمونہ بتدریج کم واضح ہوتا جاتا ہے۔ جب ماخذ سلٹ اتنی چوڑی ہوجاتی ہے کہ شرط $s/S \le \lambda/d$: مطمئن نہیں ہوتی، تداخل نمونہ غائب ہوجاتا ہے۔

(f) سفید روشنی کے مختلف رنگین اجزا سے بننے والے تداخل نمونے ایک دوسرے پر منطبق ہوجاتے ہیں (غیر مربوط طور پر)۔ مختلف رنگوں کی وجہ سے بننے والی مرکزی چمکدار فرنجیں ایک ہی مقام پر بنتی ہیں۔ اس لیے مرکزی فرنج سفید ہوتی ہے۔ ایک نقطہ P کے لیے، جس کے لیے: $S_2P - S_1P = \frac{\lambda_b}{2}$، جہاں λ_b، (≈ 4000 Å) نیلے رنگ کی طول لہر کو ظاہر کرتا ہے، نیلا جز غائب ہوگا اور فرنج لال رنگ کی دکھائی دے گی۔ اس سے تھوڑی سی دور، جہاں $S_2Q - S_1Q = \lambda_b = \frac{\lambda_r}{2}$، جہاں λ_r (≈ 8000 Å) لال رنگ طول لہر ہے، فرنج میں نیلا رنگ سب سے زیادہ ہوگا۔

اس لیے، مرکزی سفید فرنج کے دنوں طرف، سب سے نزدیک لال فرنج ہوگی اور اس مرکزی فرنج سے سب سے دور والی فرنج نیلی دکھائی دے گی۔ چند فرنجوں کے بعد کوئی فرنج نمونہ دکھائی نہیں دے گا۔

10.6 انصراف (DIFFRACTION)

اگر ہم ایک غیر شفاف شے کے ذریعے بنائی گئی پرچھائیں کو غور سے دیکھیں، تو جیومیٹریائی پرچھائیں کے علاقے کے نزدیک ہمیں متبادل سیاہ اور چمکدار علاقے نظر آئیں گے، جیسے تداخل میں نظر آتے ہیں۔ یہ انصراف کے مظہر کی وجہ سے ہوتا ہے۔ انصراف ایک ایسی عمومی خاصیت ہے جس کا مظاہرہ ہر قسم کی لہر کرتی ہے، چاہے وہ آواز-لہر ہو، روشنی کی لہریں ہوں یا مادہ-لہریں ہوں۔ کیونکہ روشنی کا طول لہر زیادہ تر رکاوٹوں کے سائز کے مقابلے میں بہت کم ہوتا ہے، روشنی کا انصراف کا مظاہرہ روزمرہ کے مشاہدوں میں نہیں آتا ہے۔ لیکن ہماری آنکھوں یا نوری آلات (جیسے دوربینیں یا خوردبینیں) کا متناہی جز تجزیہ (Resolution)، انصراف کی وجہ سے محدود ہوجاتا ہے۔ آپ کو ایک CD کو دیکھتے وقت جو رنگ نظر آتے ہیں وہ بھی انصراف کے اثرات ہی ہیں۔ اب ہم انصراف کے مظہر سے بحث کریں گے۔

10.6.1 واحد سلٹ (The single slit)

ینگ کے تجربے سے بحث کے دوران ہم نے کہا تھا ایک واحد، باریک سلٹ، روشنی کے ایک نئے ماخذ کے طور پر کام کرتی ہے، جس سے روشنی باہر پھیلتی ہے۔ ینگ سے پہلے کے ماہر تجربہ سائنس دانوں، جن میں نیوٹن بھی شامل ہیں، نے بھی یہ نوٹ کیا تھا کہ باریک سوراخوں اور سلٹوں سے روشنی باہر پھیلتی ہے۔ یہ کونوں پر سے مڑتی ہوئی معلوم ہوتی ہے اور ان

علاقوں میں داخل ہو جاتی ہے جہاں ہم پرچھائیں کی امید کر رہے ہوتے ہیں۔ یہ اثرات، جو انصراف کہلاتے ہیں، صرف لہر تصورات کے ذریعے ہی مناسب طور پر سمجھے جاسکتے ہیں۔ آخر آپ کو ایک دیوار کے کونے کے پیچھے کھڑے ہوئے شخص کی آواز سن کر تو کوئی حیرت نہیں ہوتی۔

جب ینگ کے تجربے میں استعمال کی گئی دو سلٹوں کو ایک واحد باریک سلٹ سے تبدیل کر دیا جاتا ہے (جسے ایک یک رنگے ماخذ سے روشن کیا جاتا ہے) تو ایک چوڑا نمونہ دکھائی دیتا ہے، جس کا مرکزی حصہ چمکدار ہوتا ہے۔ دونوں طرف متبادل تاریک اور چمکدار علاقے نظر آتے ہیں۔ مرکز سے جیسے جیسے دور جاتے ہیں، شدت کمزور ہوتی جاتی ہے (شکل 10.16)۔ اس کو سمجھنے کے لیے، شکل 10.15 دیکھیے، جس میں روشنی کی ایک متوازی شعاع کو چوڑائی a کی واحد سلٹ LN پر عمادی پڑتے ہوئے دکھایا گیا ہے۔ انصراف شدہ روشنی آگے جا کر ایک پردہ پر پڑتی ہے۔ سلٹ کا وسطی نقطہ M ہے۔

M سے گذرتا ہوا ایک مستقیم خط جو سلٹ کے مستوی پر عمود ہے، پردہ سے C پر ملتا ہے۔ ہم پردہ کے کسی بھی نقطہ P پر شدت معلوم کرنا چاہتے ہیں۔ پہلے کی طرح ہم P کو مختلف نقاط L,M,N وغیرہ سے ملانے والے خطوط کو ایک دوسرے کے متوازی مان سکتے ہیں، جو عماد MC سے زاویہ θ بناتے ہیں۔

بنیادی تصور یہ ہے کہ سلٹ کو بہت چھوٹے چھوٹے حصوں میں تقسیم کیا جائے اور پھر P پر ان کے ذریعے پیدا کی گئی شدت کے حصوں کو مناسب فیز فرقوں کے ساتھ جمع کر لیا جائے۔ ہم سلٹ پر لہر محاذ کے مختلف حصوں کو بطور ثانوی ماخذ (secondary sources) مان رہے ہیں۔ کیونکہ آنے والا لہر محاذ سلٹ کے مستوی کے متوازی ہے، یہ سب ماخذ فیز میں ہیں۔

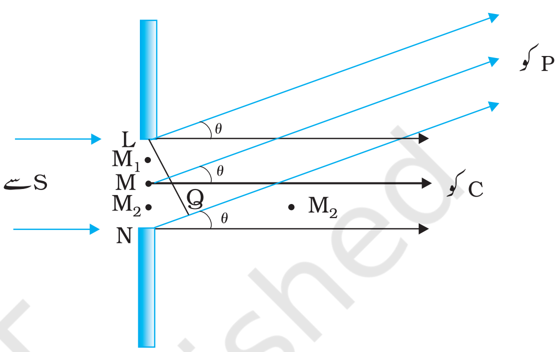
سلٹ کے دونوں کناروں کے درمیان راہ فرق: (NP – LP) کی بالکل درست طور پر تحسیب کی جاسکتی ہے، جیسے ینگ کے تجربے کے لیے کی گئی تھی۔ شکل 10.15 سے

$$NP - LP = NQ$$
$$= a \sin \theta$$
$$= a\theta \qquad (10.21)$$

اسی طرح، اگر سلٹ مستوی کے دو نقاط M_1 اور M_2 کا درمیانی فاصلہ y ہے تو: $M_2P - M_1P \approx y\theta$ راہ فرق، اب ہمیں ماخذوں کی ایک بڑی تعداد میں سے ہر ایک کے ذریعے دیے گئے حصوں کو جمع کرنا ہے جو آپس میں مساوی ہیں، مربوط ہیں اور جن میں سے ہر ایک کے درمیان فیز فرق ہے۔ یہ تحسیب فرینسنیل (Fresnel) نے تکملاتی احیا (integral calculus) استعمال کر کے کی، اس لیے ہم یہاں اسے شامل نہیں کر رہے ہیں۔ انصراف نمونے کی اہم خاصیتیں سادہ دلیلوں کے ذریعے بھی سمجھی جاسکتی ہیں۔

پردہ پر مرکزی نقطہ C پر، زاویہ θ صفر ہے۔ تمام راہ فرق صفر ہوں گے اور اس لیے سلٹ کے ہر جز کے ذریعے دیا جانے والا حصہ فیز میں ہوگا۔ اس لیے C پر اعظم شدت حاصل ہوتی ہے۔ شکل 10.15 میں دکھائے گئے تجرباتی مشاہدات نشاندہی کرتے ہیں کہ شدت کا θ = 0 پر ایک مرکزی اعظم (Maximum) ہے اور $\theta \approx \left(n+\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{a}$ پر دوسرے ثانوی اعظمات ہیں، اور $\theta \approx \frac{n\lambda}{a}$ پر اقلیات (Maxima) ہیں (صفر شدت)، جہاں، n = ±1, ±2, ±3, ... یہ سمجھنا آسان ہے کہ زاویہ θ کی ان قدروں پر اقلیات کیوں ہوتے ہیں۔ پہلے زاویہ θ لیجیے، اس طرح کہ راہ فرق aθ، λ ہے۔ تب

$$\theta \approx \frac{\lambda}{a} \tag{10.22}$$



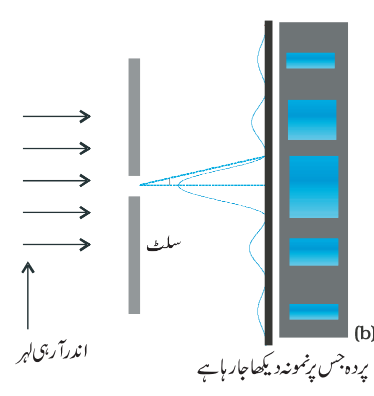
شکل 10.15: ایک واحد سلٹ سے انصراف کے لیے راہ فرقوں کی جیومیٹری

اب سلٹ کو دو مساوی نصف حصوں میں تقسیم کیجیے، جو فرض کیا LM اور MN ہیں اور ان میں سے ہر ایک کا سائز a/2 ہے۔ LM کے کسی بھی نقطہ M_1 کے لیے MN میں ایک مطابق نقطہ M_2 ہوگا، اس طرح کہ: $M_1M_2 = \frac{a}{2}$، (منتخب کیے گئے زاویہ کے لیے) P پر M_1 اور M_2 کے درمیان راہ فرق $M_2P - M_1P = \theta\frac{a}{2} = \frac{\lambda}{2}$ اس کا مطلب ہوا کہ M_1 اور M_2 سے حاصل ہو رہے حصے 180° سے فیز کے باہر ہیں اور سمت $\theta = \frac{\lambda}{a}$ میں ایک دوسرے کی تنسیخ کر دیتے ہیں۔

یہ سمجھنا بھی آسان ہے کہ $\theta \left(n+\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{a}$ پر اعظمات کیوں ہوتے ہیں اور وہ n میں اضافہ کے ساتھ کمزور سے کمزور تر کیوں ہوتے جاتے ہیں۔ ایک زاویہ: $\theta = \frac{3\lambda}{2a}$ لیجیے جو دو تاریک فرنجوں کے درمیان ہے۔ سلٹ کو تین مساوی حصوں میں تقسیم کیجیے۔ اگر ہم سلٹ کے پہلے دو تہائی حصے کو لیں، تو اس کے کناروں کے درمیان راہ فرق ہوگا

$$\frac{2}{3}a \times \theta = \frac{2a}{3} \times \frac{3\lambda}{2a} = \lambda \tag{10.23}$$

اس لیے سلٹ کے پہلے دو تہائی حصے کو دو ایسے مساوی نصف حصوں میں تقسیم کیا جا سکتا ہے جن کے درمیان راہ فرق $\frac{\lambda}{2}$ ہو۔ ان دونوں نصف جزوں کے ذریعے حاصل ہوئے حصے اسی طرح ایک دوسرے کی تنسیخ کر دیتے ہیں، جیسا کہ اوپر بیان کیا گیا ہے۔ صرف سلٹ کا باقی بچا ایک تہائی جز ہی دو اقلیات کے درمیان ایک نقطہ پر شدت میں حصہ دیتا ہے۔ واضح ہے کہ یہ مرکزی اعظم کے مقابلے میں بہت کمزور ہوگا (جہاں پوری سلٹ فیز میں حصہ لیتی ہے)۔ اسی طرح ہم دکھا سکتے ہیں کہ $\left(n+\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{a}$ پر اعظمات ہوں گے، جہاں n = 2, 3,.... یہ n میں اضافہ کے ساتھ ساتھ کمزور سے کمزور ہوتے جاتے ہیں کیونکہ ان صورتوں میں سلٹ کا صرف پانچواں، ساتواں، وغیرہ جز ہی حصہ لیتا ہے۔ اس سے مطابقت رکھنے والا فوٹوگراف اور شدت۔ نمونہ شکل 10.16 میں دکھائے گئے ہیں۔



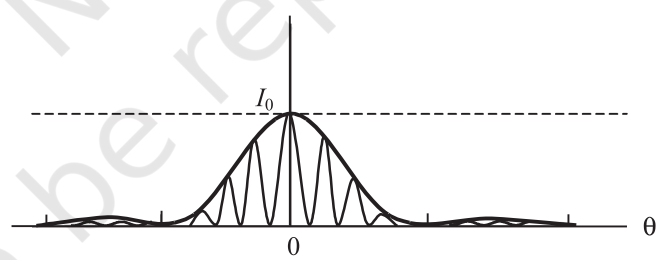
شکل 10.16: ایک واحد سلٹ کے ذریعے انصراف کی شدت۔ تقسیم اور فوٹوگراف

تداخل اور انصراف کے مابین فرق کے بارے میں، ان مظاہر کی دریافت سے ہی، سائنس دانوں کے درمیان طویل بحثیں ہوتی رہی ہیں۔ اس تناظر میں یہ نوٹ کرنا دلچسپ ہوگا کہ رچرڈ فائن مین* نے اپنی مشہور کتاب ''فائن مین لیکچرز'' میں لکھا ہے:

''کوئی بھی تداخل اور انصراف کے مابین فرق کی تسلی بخش تعریف نہیں کر سکا ہے۔ یہ صرف موقعہ استعمال پر منحصر ہے اور ان کے درمیان کوئی مخصوص، اہم طبعی فرق نہیں ہے۔ ہم موٹے طور پر زیادہ سے زیادہ یہ کہہ سکتے ہیں کہ جب صرف چند ماخذ ہوتے ہیں، جیسے دو تداخل پذیر ماخذ، تو حاصل ہونے والا نتیجہ عام طور سے تداخل کہلاتا ہے لیکن اگر ماخذوں کی تعداد بہت زیادہ ہو، تو لگتا ہے کہ زیادہ تر انصراف کا لفظ استعمال کیا جاتا ہے۔''

دو-سلٹ تجربے میں ہمیں یہ ضرور نوٹ کرنا چاہیے کہ پردہ پر نظر آنے والا نمونہ دراصل ہر واحد-سلٹ یا سوراخ سے ہو رہے انصراف اور سلٹ تداخل نمونے کا انطباق ہے۔ اسے شکل 10.17 میں دکھایا گیا ہے۔ اس میں ایک مقابلتاً چوڑا انصراف-فراز نظر آتا ہے، جس میں مقابلتاً کم چوڑائی کی، دو-سلٹ تداخل کی وجہ سے بننے والی کئی فرنجیں نظر آتی ہیں۔ ایک چوڑے انصراف فراز میں پائی جانے والی تداخل فرنجوں کی تعداد، نسبت $\frac{d}{a}$ پر منحصر ہے، یعنی کہ دوسلٹوں کے درمیانی فاصلے کی سلٹ کی چوڑائی سے نسبت پر۔ a کے بہت خفیف ہو جانے کی حد میں، انصراف نمونہ بہت چپٹا ہو جائے گا اور ہم دو-سلٹ تداخل دیکھیں گے۔ [دیکھیے شکل (b) 10.13]

جوش تعامل واحد سلٹ پر انصراف کا نمونہ
http://www.phys.hawaii.edu/~teb/optics/java/slitdiffr/



شکل 10.17: اصل دو-سلٹ تداخل نمونہ۔ لفافہ واحد سلٹ انصراف کو ظاہر کرتا ہے۔

مثال 10.15: مثال 10.3 میں ہر سلٹ کی چوڑائی کتنی ہونی چاہیے کہ واحد سلٹ نمونہ کے مرکزی اعظم کے اندر دو-سلٹ نمونے کے 10 اعظمات حاصل ہو سکیں۔

حل: ہم جانتے ہیں کہ،

$$a\theta = \lambda, \theta = \frac{\lambda}{a}$$

$$10\frac{\lambda}{d} = 2\frac{\lambda}{a} ، a = \frac{d}{5} = 02\text{mm}$$

مثال 10.5

*رچرڈ فائن مین ان میں سے ایک تھے جنھیں 1965 کے طبیعات کے نوبل انعام سے نوازا گیا۔ انھیں یہ اعزاز کوانٹم برق-حرکیات میں ان کے ذریعے کیے گئے بنیادی کام کے لیے دیا گیا۔

مثال 10.5

نوٹ کریں کہ روشنی کا طول لہر اور پردہ کا فاصلہ، a کی تحسیب میں شامل نہیں ہیں۔

شکل 10.12 کے دو۔سلٹ تداخل تجربے میں کیا ہوگا، اگر ہم ایک سلٹ بند کردیں؟ آپ دیکھیں گے کہ اب یہ ایک واحد۔سلٹ جیسی صورت ہے۔لیکن آپ کو نمونے میں ہونے والی کچھ منتقلی (shift) کا دھیان رکھنا ہوگا۔اب ہمارے پاس S پر ایک ماخذ ہے اور صرف ایک سراخ (یا سلٹ) S_1 یا S_2 ہے۔یہ پردے پر ایک واحد۔سلٹ انصراف نمونہ بنائے گا۔مرکزی چمکدار فرنج کا مرکز اس نقطہ پر نظر آئے گا جو خط SS_1 یا SS_2 پر ہے، جیسی صورت ہو اس کے مطابق۔

اب ہم ایک تداخل نمونے کا مقابلہ اور موازنہ اس نمونے سے کرتے ہیں جو ایک مربوط طور پر روشن واحد۔سلٹ سے دکھائی دیتا ہے (جسے عام طور سے واحد۔سلٹ انصراف نمونہ کہتے ہیں)

(i) تداخل نمونے میں مساوی فاصلوں پر کئی چمکدار اور تاریک پٹیاں ہوتی ہیں۔انصراف نمونے میں ایک مرکزی چمکدار اعظم ہوتا ہے جو دوسرے اعظمات کے مقابلے میں دگنا چوڑا ہوتا ہے۔ہم جیسے جیسے مرکز سے دونوں طرف زیادہ فاصلے کے لگاتار اعظمات پر جاتے ہیں، شدت بتدریج کم ہوتی جاتی ہے۔

(ii) ہم دو باریک سلٹوں سے نکلنے والی دو لہروں کو منطبق کرکے تداخل نمونے کی تحسیب کرتے ہیں۔انصراف نمونہ ایک واحد۔سلٹ کے ہر نقطہ سے نکلنے والی لہروں کے لگاتار خاندان کا انطباق ہے۔

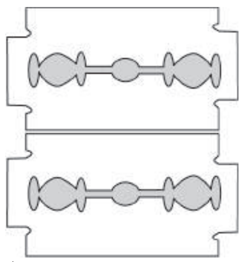
(iii) چوڑائی a کی ایک واحد سلٹ کے لیے، تداخل نمونے کا پہلا نل (صفر Null)، $\frac{\lambda}{a}$ کے زاویہ پر ہوتا ہے۔ $\frac{\lambda}{a}$ کے اسی زاویہ پر، دو باریک سلٹوں سے جن کا درمیانی فاصلہ a ہے، ہمیں ایک اعظم ملتا ہے (نل نہیں)۔

ہمیں یہ ضرور سمجھ لینا چاہیے کہ d اور a دونوں کو کافی خفیف ہونا چاہیے، تب ہی ہم تداخل اور انصراف کے اچھے نمونے دیکھ سکیں گے۔مثلاً دو سلٹوں کا درمیانی فاصلہ ایک ملی میٹر کے درجہ کا یا اس جتنا ہونا چاہیے۔ہر سلٹ کی چوڑائی a، اس سے بھی کم ہونا لازمی ہے، 0.1 mm یا 0.2 mm کے درجے کی۔

ہم نے ینگ کے تجربے اور واحد۔سلٹ انصراف کی اپنی بحث میں یہ فرض کرلیا کہ وہ پردہ جس پر فرنجیں دیکھی جارہی ہیں، لمبے فاصلے پر ہے۔سلٹ سے پردہ تک کے دو یا دو سے زیادہ راستوں کو متوازی لیا گیا تھا۔یہی صورت تب بھی پیدا ہوتی ہے جب ہم سلٹ کے بعد ایک مرکوز لینس رکھ دیتے ہیں اور اس کے فوکس پر پردہ رکھتے ہیں۔سلٹ سے متوازی راستے پردہ پر ایک واحد نقطہ پر مجتمع ہوتے ہیں۔نوٹ کریں کہ لینس ایک متوازی شعاع میں کوئی مزید راہ۔فرق نہیں شامل کرتا۔یہ ترتیب اکثر استعمال کی جاتی ہے کیونکہ اس سے پردہ کو بہت زیادہ فاصلے پر رکھنے کے مقابلے میں زیادہ شدت حاصل ہوتی ہے۔اگر f لینس کا فوکس فاصلہ ہے، تو ہم بہ آسانی مرکزی چمکدار اعظم کے سائز کا حساب لگا سکتے ہیں۔ زاویوں کی شکل میں، مرکزی اعظم کا انصرافی نمونے کے پہلے نل سے فاصلہ $\frac{\lambda}{a}$ ہے۔اس لیے پردہ پر سائز $\frac{f\lambda}{a}$ ہوگا۔

10.6.2 واحد-سلٹ انصراف نمونہ دیکھنا

(Seeing the single slit diffraction pattern)



شکل10.18: دو بلیڈوں کو اس طرح پکڑنا کہ ایک واحد-سلٹ بن جائے۔ اگر اس میں سے ایک بلب کے فلامنٹ کو دیکھا جائے تو واضح انصراف پٹیاں نظر آتی ہیں۔

ہم خود بہت آسانی کے ساتھ واحد-سلٹ انصراف نمونہ دیکھ سکتے ہیں۔اس کے لیے درکار تجرباتی سامان زیادہ تر گھروں میں بہ آسانی دستیاب ہے۔دو تیز دھار والے بلیڈ اور ایک صاف شیشے کا بجلی کا بلب،بہتر ہوگا اگر بلب کا فلامنٹ سیدھا ہو۔ہمیں دونوں بلیڈوں کو اس طرح رکھنا ہوگا کہ ان کے کنارے متوازی ہوں اور ان کے درمیان ایک باریک سلٹ ہو۔ایسا انگوٹھے اور انگشت شہادت (انگوٹھے کے بعد والی انگلی) کے ذریعے بہ آسانی کیا جاسکتا ہے۔(شکل 10.18)

سلٹ کو آنکھ کے بالکل سامنے فلامنٹ کے متوازی رکھیے۔اگر آپ چشمہ لگاتے ہیں تو چشمہ استعمال کیجیے۔سلٹ کی چوڑائی کو اور کناروں کی متوازنیت کو ذرا سا درست کرنے پر، تاریک اور چمکدار فرنجوں والا نمونہ آپ کو نظر آنا چاہیے۔کیونکہ تمام پٹیوں کے مقامات (مرکزی پٹی کے علاوہ) طول لہر پر منحصر ہیں،ان میں کچھ رنگ نظر آئیں گے۔لال یا نیلے کے لیے اگر فلٹر (Filter) استعمال کیا جائے تو فرنجیں اور زیادہ واضح ہو جائیں گی۔اگر دونوں فلٹر دستیاب ہوں تو لال پٹیاں نیلی پٹیوں کے مقابلے میں زیادہ چوڑی نظر آئیں گی۔

اس تجربے میں،فلامنٹ،شکل 10.6 میں دکھائی گئی پہلی سلٹ کا رول ادا کرتا ہے۔آنکھ کا لینس پردے پر نمونے کو فوکس کرتا ہے (پردہ چشم پر)۔

تھوڑی سی کوشش سے آپ ایک المونیم کی پنی (foil) میں ایک بلیڈ کی مدد سے ایک دہری سلٹ کاٹ سکتے ہیں۔پہلے کی طرح بلب کے فلامنٹ کو دیکھا جاسکتا ہے اور ینگ کے تجربے کو دہرایا جاسکتا ہے۔دن کے وقت ایک دوسرا مناسب روشن ماخذ بھی حاصل ہوسکتا ہے جو آنکھ پر ایک خفیف زاویہ بناتا ہے۔یہ کسی بھی چمکدار حدبی سطح (جیسے سائیکل کی گھنٹی) میں سورج کا انعکاس ہے۔براہِ راست سورج کی روشنی کے ساتھ تجربہ مت کیجیے۔اس سے آنکھ کو نقصان پہنچ سکتا ہے اور پھر اس سے فرنجیں بھی نہیں بنیں گی کیونکہ سورج $(1/2)°$ کا زاویہ بناتا ہے۔

تداخل اور انصراف میں،روشنی کی توانائی کی دوبارہ تقسیم ہوتی ہے۔اگر یہ ایک علاقے میں کم ہوتی ہے اور تاریک فرنج بناتی ہے تو دوسرے علاقے میں اس میں اضافہ ہو جاتا ہے اور ایک چمکدار فرنج بنتی ہے۔توانائی کا کوئی نقصان یا حصول نہیں ہوتا جو کہ توانائی کی بقا کے اصول کے ساتھ سازگار ہے۔

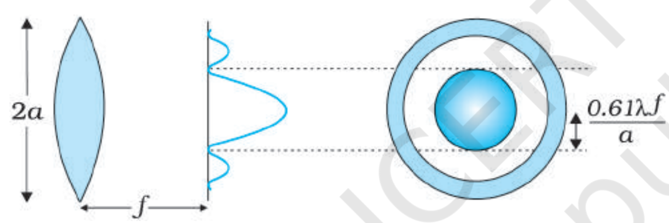
10.6.3 نوری آلات کی جز تجزیاتی طاقت

(Resolving power of optical instruments)

باب 9 میں ہم نے دوربینوں کے تعلق سے بحث کی تھی۔دوربین کا زاویائی جز تجزیہ (angular resolution) دوربین کے بینیہ (objective) پر منحصر ہے۔وہ تارے جن کی بینیہ سے بنی شبیہ کے ذریعے جز تجزیہ نہیں ہو پاتا،چشمیہ کے ذریعے بعد میں ہونے والے کسی تکبیر سے بھی ان کا جز تجزیہ نہیں ہوتا۔چشمیہ کا بنیادی مقصد (کام)،بینیہ کے ذریعے بنی ہوئی شبیہ کی تکبیر کرنا ہے۔

روشنی کی ایک متوازی شعاع لیجیے جو ایک حد بی لینس پر پڑ رہی ہے۔ اگر لینس سے تمام فتور (aberrations) اچھی طرح دور کر دیے گئے ہیں تو جیومیٹریائی نوریات سے ہم جانتے ہیں کہ شعاع ایک نقطہ پر فوکس ہوگی۔ لیکن، انصراف کی وجہ سے، شعاع ایک نقطہ پر فوکس ہونے کے بجائے ایک متناہی رقبے کے دھبے (spot) کی شکل میں فوکس ہوتی ہے۔ اس صورت میں، انصراف کے اثرات کا حساب لگانے کے لیے ہم ایک مسطح لہر لیتے ہیں جو ایک دائری روزن (circular aperture) پر واقع ہے اور اس کے آگے ایک حد بی لینس ہے (شکل 10.19)۔ اس کے مطابق حاصل ہونے والے انصراف نمونے کا تجزیہ کافی پیچیدہ ہے، لیکن پھر بھی، اصولی طور سے یہ اس تجزیہ جیسا ہی ہے جو واحد-سلٹ انصراف نمونے کو حاصل کرنے کے لیے کیا گیا تھا۔ انصراف کے اثرات کو شامل کرتے ہوئے، فوکل مستوی پر بنا نمونہ ایک مرکزی چمکدار علاقہ پر مشتمل ہوگا، جو ہم مرکز تاریک اور چمکدار حلقوں (rings) سے گھرا ہوگا (شکل 10.19)۔ تفصیلی تجزیہ سے حاصل ہوتا ہے کہ مرکزی چمکدار علاقے کا نصف قطر، نزدیکی طور پر، دیا جاتا ہے:

$$r_0 \approx \frac{1.22\lambda f}{2a} = \frac{0.61\lambda f}{a} \qquad (10.24)$$



شکل 10.19: ایک حد بی لینس پر روشنی کی ایک متوازی شعاع واقع ہے۔ انصراف اثرات کی وجہ سے، شعاع ایک دھبے پر فوکس ہوتی ہے جس کا نصف قطر r_0 ہے: $r_0 \approx \frac{0.61\,\lambda f}{a}$

جہاں f لینس کا فوکس فاصلہ ہے اور $2a$ لینس کے دائری روزن کے قطر یا لینس کے قطر میں سے وہ لمبائی ہے جو مقابلتاً کم ہو۔ مخصوص طور پر، اگر

$$a \approx 5\,\text{cm}\ \text{اور}\ \lambda \approx 0.5\,\mu\text{m},\ f \approx 20\,\text{cm}$$

ہمیں حاصل ہوتا ہے

$$r_0 \approx 1.2\,\mu\text{m}$$

حالانکہ دھبے کا سائز بہت خفیف ہے، یہ ایک دوربین یا خوردبین جیسے نوری آلات کی جز تجزیہ کی حد معلوم کرنے میں اہم ادا کرتا ہے۔ دو تاروں کا بس جز تجزیہ ہو سکے، اس کے لیے:

$$f\Delta\theta \approx r_0 \approx \frac{0.61\lambda f}{a}$$

نتیجتاً

$$\Delta\theta \approx \frac{0.61\lambda}{a} \qquad (10.25)$$

اس لیے $\Delta\theta$ چھوٹا ہوگا اگر بینیہ کا قطر زیادہ ہے۔ اس کا مطلب ہے کہ دوربین کی جز تجزیاتی طاقت بہتر ہوگی اگر a بڑا ہو۔ اسی وجہ سے بہتر جز تجزیہ کے لیے ایک دوربین کے بینیہ کا قطر بڑا ہونا چاہیے۔

مثال 10.6: فرض کیجیے کہ ایک تارے سے 6000Å طول لہر کی روشنی آرہی ہے۔اس دوربین کے جز تجزیہ کی حد کیا ہوگی، جس کے بینیہ کا قطر 100 انچ ہے؟

حل: ایک 100 انچ دوربین کا مطلب ہے: $2a = 100(\text{انچ}) = 254 \text{ cm}$ اس لیے، اگر

$$\lambda \approx 6000\text{Å} = 6\times10^{-5} \text{ cm}$$

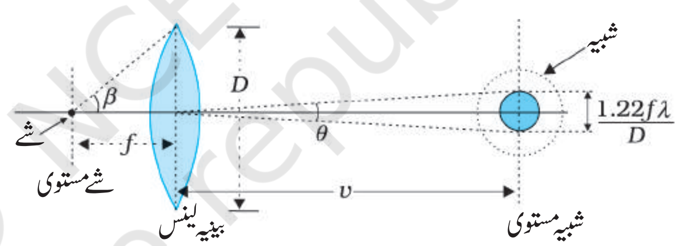
تب

$$\Delta\theta \approx \frac{0.61\times6\times10^{-5}}{127} \approx 2.9\times10^{-7} \quad (\text{ریڈین})$$

ہم ایک خردبین کے بینیہ کے لیے بھی ایسی ہی دلیلیں پیش کرسکتے ہیں۔اس صورت میں، شے کو f سے ذرا سے فاصلے پر رکھا جاتا ہے تاکہ شبیہ فاصلہ v پر بنے [شکل 10.20]۔ شبیہ سائز کی شے سائز سے نسبت۔ دی جاتی ہے: $m \approx \frac{v}{f}$، شکل 10.20 سے دیکھا جاسکتا ہے۔

$$\frac{D}{f} = 2\tan\beta \tag{10.26}$$

جہاں 2β، بینیہ کے قطر کے ذریعے خوردبین کے فوکس پر بنایا گیا زاویہ ہے۔



شکل 10.20: خردبین کے بینیہ لینس کے ذریعے بنی اصلی شبیہ

جب ایک خردبینی نمونے کے دو نقاط کا درمیانی فاصلہ، روشنی کی طول موج λ کے مقابلے کا ہوتا ہے تو انصراف اثرات اہمیت اختیار کرلیتے ہیں۔اب بھی نقطہ شے کی شبیہ ایک انصراف۔ نمونہ ہوگی، جس کا شبیہ مستوی سائز ہوگا:

$$v\,\theta = v\left(\frac{1.22\,\lambda}{D}\right) \tag{10.27}$$

ایسی دو اشیا جن کی شبیہیں اس فاصلہ سے زیادہ نزدیک ہیں، ان کا جز تجزیہ نہیں ہوسکے گا، اور وہ ایک ہی معلوم ہوں گی۔اس کے مطابق، شے۔ مستوی میں اقل ترین درمیانی فاصلہ d_{min} دیا جاتا ہے:

$$d_{\min} = \left[v\left(\frac{1.22\,\lambda}{D}\right)\right]\Big/m$$

$$= \frac{1.22\,\lambda}{D}\cdot\frac{v}{m}$$

$$= \frac{1.22\,f\,\lambda}{D} \tag{10.28}$$

آنکھ کی جز جزیاتی طاقت معلوم کیجیے
(DETERMINE THE RESOLVING POWER OF YOUR EYE)

آپ ایک سادہ تجربہ کی مدد سے اپنی آنکھ کی جز جزیاتی طاقت کا تخمینہ لگا سکتے ہیں۔ مساوی چوڑائی کی کالی پٹیاں بنائیے، جن کے درمیان میں سفید پٹیاں ہوں، نیچے دی ہوئی شکل دیکھیے۔ تمام کالی پٹیاں مساوی چوڑائی کی ہونا چاہئیں، جب کہ درمیانی سفید پٹیوں کی چوڑائی، جب آپ بائیں سے دائیں سمت میں جائیں، بڑھتی جانا چاہیے۔ مثلاً فرض کیجیے کہ ہر کالی پٹی کی چوڑائی 5 mm ہے۔ پہلی دو سفید پٹیوں میں سے ہر ایک کی چوڑائی 0.5 mm ہے، اس کے بعد کی دو سفید پٹیوں میں سے ہر ایک چوڑائی 1 mm ہے اور پھر اگلی دو سفید پٹیوں میں سے ہر ایک کی چوڑائی 1.5 mm ہے، وغیرہ۔ پٹیوں کے اس نمونے کو ایک کمرے یا تجربہ گاہ کی دیوار پر چسپاں کر دیجیے۔ اتنی اونچائی پر چپکایئے کہ وہ آپ کی آنکھ کی سیدھ میں رہے۔

اب نمونے کو دیکھیے، بہتر ہوگا ایک آنکھ سے دیکھیں۔ دیوار کے نزدیک اور دور جا جا کر اس نمونے کو دیکھتے ہوئے وہ مقام معلوم کیجیے جہاں سے آپ کو صرف دو علاحدہ علاحدہ کالی پٹیاں نظر آئیں۔ اس پٹی کی بائیں طرف والی سب کالی پٹیاں ایک دوسرے میں ضم ہو جائیں گی اور علاحدہ علاحدہ نہیں نظر آئیں گی۔ دوسری طرف اس کے دائیں طرف کی کالی پٹیاں اور زیادہ واضح نظر آئیں گی۔ اس سفید پٹی کی چوڑائی نوٹ کیجیے جو دو سیاہ علاقوں کو علاحدہ کرتی ہے اور اپنی آنکھ سے دیوار تک کا فاصلہ 'D' ناپیے۔ تب $\frac{d}{D}$ آپ کی آنکھ کا جز تجزیہ ہے۔

آپ نے کھڑکی سے اندر آتی ہوئی سورج کی شعاع میں، ہوا میں تیرتے ہوئے، دھول کا چھوٹا سا غبار (دھول کا دھبہ) دیکھا ہوگا۔ جس دھبے کو آپ واضح طور پر دیکھ سکتے ہوں اور قریب والے دھبے سے الگ کر سکتے ہوں، اس کا فاصلہ نوٹ کیجیے۔ اپنی آنکھ کا جز تجزیہ اور دھبے کا فاصلہ اب آپ کو معلوم ہے، دھول کے دھبے کے سائز کا تخمینہ لگایئے۔

اب مساوات (10.26) اور مساوات (10.28) کو ملانے پر، ہمیں حاصل ہوتا ہے:

$$d_{\min} = \frac{1.22\,\lambda}{2\tan\beta}$$

$$\simeq \frac{1.22\,\lambda}{2\sin\beta} \qquad (10.29)$$

اگر شے اور بینیہ ۔لینس کا درمیانی واسطہ (Medium) ہوا نہ ہو بلکہ انعطاف نما n کا ایک واسطہ ہو، تو مساوات (10.29) کی ترمیم شدہ شکل ہے:

$$d_{\min} = \frac{1.22\,\lambda}{2\,n\sin\beta} \qquad (10.30)$$

حاصل ضرب $n\sin\beta$، عددی روزن (numerical aperture) کہلاتا ہے اور اکثر بینیہ پر درج ہوتا ہے۔

ایک خوردبین کی جز تجزیاتی طاقت، ان دو نقاط کے کم ترین فاصلے کے مقلوب سے دی جاتی ہے جو الگ الگ دیکھے جا سکتے ہوں۔ مساوات (10.30) سے دیکھا جا سکتا ہے کہ مقابلتاً بڑی قدر والے انعطاف نما کا واسطہ منتخب کر کے ایک

خوردبین کی جز تجزیاتی طاقت میں اضافہ کیا جاسکتا ہے۔ عام طور سے ایک ایسا تیل استعمال کیا جاتا ہے جس کا انعطاف نما استعمال کیے جارہے بینیہ ۔ شیشے کے انعطاف نما کے قریب ہو۔ایسی ترتیب کو''تیل غریق بینیہ'' (oil immersion objective) کہتے ہیں۔نوٹ کریں کہ $\sin\beta$ کو 1 سے زیادہ بڑا بنانا ممکن نہیں ہے۔اس لیے،ہم دیکھتے ہیں کہ ایک خوردبین کی جز تجزیاتی طاقت بنیادی طور پر استعمال کی جانے والی روشنی کے طول موج سے متعین ہوتی ہے۔

جز تجزیہ اور تکبیر کے درمیان کچھ مغالطہ ہوسکتا ہے،اسی طرح ایک دوربین اور ایک خوردبین کے رول میں ان مقداروں (parameters) کو برتنے میں بھی مغالطہ ہوسکتا ہے۔ایک دوربین ان اشیا کی شبیہ ہماری آنکھ کے نزدیک بناتی ہے جو ہم سے بہت دور ہیں۔اس لیے وہ اشیا دور ہونے کی وجہ سے جن کا جز تجزیہ نہیں ہو پاتا،انھیں اگر ایک دوربین کے ذریعے دیکھا جائے تو ان کا جز تجزیہ کرسکنا ممکن ہے۔ایک خردبین،دوسری طرف،اشیا کی تکبیر کرتی ہے (جو ہمارے نزدیک ہیں) اور ان کی ایک بڑی شبیہ بناتی ہے۔ہوسکتا ہے ہم ایک بہت دور کے سیارے کے دو سیارچوں کو یا دو ستاروں کو دیکھ رہے ہوں اور یہ بھی ہوسکتا ہے کہ ہم ایک جاندار سیل کے مختلف علاقوں کو دیکھ رہے ہوں۔اس تناظر میں یہ یاد رکھنا بہتر ہے کہ ایک دوربین جز تجزیہ کرتی ہے اور ایک خردبین تکبیر کرتی ہے۔

10.6.4 کرن نوریات کی معقولیت (درستگی صحت) (The validity of ray optics)

ایک متوازی شعاع سے روشن کیا گیا ایک روزن (یعنی کہ سلٹ یا سوراخ)،جس کا سائز a ہے،ایک زاویے میں انصراف شدہ روشنی بھیجتا ہے جو تقریبی طور پر، $\approx \frac{\lambda}{a}$ ہے۔یہ چمکدار مرکزی اعظم کا زاویائی سائز ہے۔اس لیے ایک انصراف شدہ شعاع،فاصلہ z طے کرنے میں،انصراف کی وجہ سے چوڑائی $\frac{z\lambda}{a}$ اختیار کرلیتی ہے۔یہ جاننا دلچسپی کا باعث ہوگا کہ z کی کس قدر کے لیے انصراف کی وجہ سے پیدا ہونے والا پھیلاؤ (spreading)،روزن کے سائز a کے مقابلے کا ہوجاتا ہے۔اس لیے ہم $\frac{z\lambda}{a}$ کو تقریبی طور پر a کے مساوی کرتے ہیں۔اس سے ہمیں وہ فاصلہ حاصل ہوتا ہے،جس سے زیادہ فاصلہ پر چوڑائی کی شعاع کی غیر مرکوزیت (divergence) قابل لحاظ ہوجاتی ہے۔اس لیے:

$$z \approx \frac{a^2}{\lambda} \tag{10.31}$$

ہم ایک مقدار z_F کی تعریف مندرجہ ذیل مساوات کے ذریعے کرتے ہیں جو ''فریزنیل فاصلہ'' کہلاتی ہے۔

$$z_F \simeq a^2 / \lambda$$

مساوات (10.31) سے ظاہر ہوتا ہے کہ ان فاصلوں کے لیے جو z_F کے مقابلے میں بہت کم ہیں،انصراف کی وجہ سے پیدا ہونے والا پھیلاؤ،بیم کے سائز کے مقابلے میں کم ہوتا ہے۔یہ بیم کے سائز کے مقابلے کا ہوجاتا ہے اگر فاصلہ تقریباً z_F ہو۔ان فاصلوں کے لیے جو z_F سے بہت زیادہ ہیں،انصراف کی وجہ سے پیدا ہونے والا پھیلاؤ،کرن نوریات کے پھیلاؤ (یعنی کہ روزن کا سائز a) پر غالب آجاتا ہے۔مساوات (10.31) سے یہ بھی ظاہر ہوتا ہے کہ طول موج کے صفر کی جانب ہونے کی حد میں بھی کرن نوریات درست ہے۔

مثال 10.7

مثال 10.7: اگر روزن 3 mm چوڑا ہو اور طول لہر 500 nm ہو تو کرن نوریات کس فاصلے تک اچھی تقربیت ہے؟

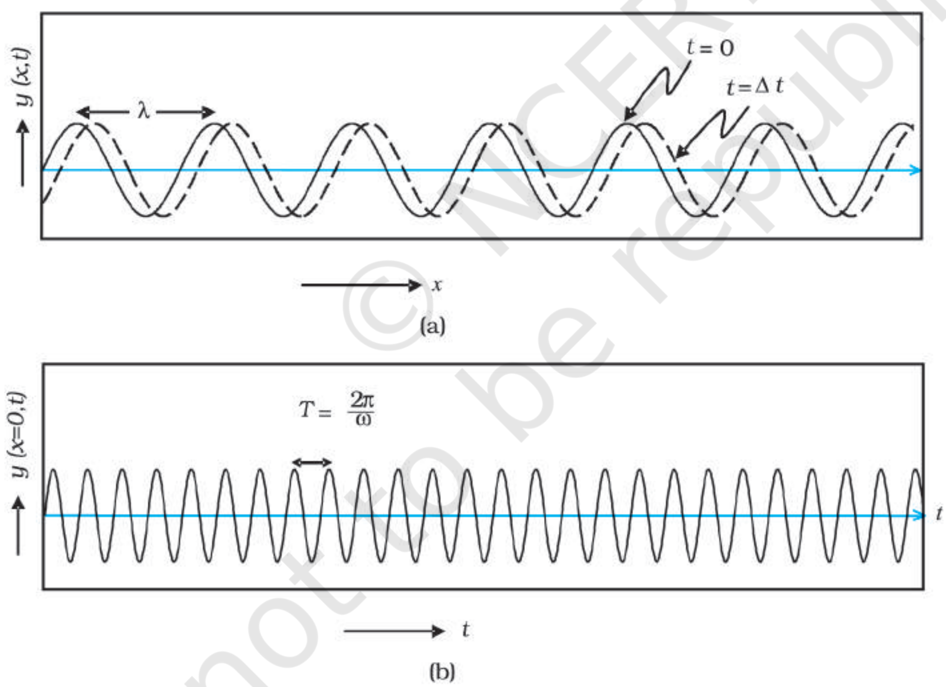
حل:

$$z_F = \frac{a^2}{\lambda} = \frac{\left(3 \times 10^{-3}\right)^2}{5 \times 10^{-7}} = 18 \text{ m}$$

اس مثال سے واضح ہوتا ہے کہ روزن اگر چھوٹا ہو تو انصراف سے ہونے والے پھیلاؤ کو کئی میٹر لمبی لہروں کے لیے بھی نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ اس لیے کرن نوریات کئی عام حالتوں میں درست ہے۔

10.7 تقطیب (Polarisation)

ایک لمبی ڈوری لیجیے اور اس کے ایک سرے کو کسی ٹھوس جامد شے (جیسے دیوار) میں نصف کر دیجیے اور دوسرے سرے کو اس طرح پکڑیے کہ ڈوری افقی رہے۔ اگر ہم اس سرے کو اوپر، نیچے دوری طور پر حرکت دیں تو ہم ایک لہر بنائیں گے جس کی اشاعت x+ سمت میں ہوگی (شکل 10.22)۔ ایسی لہر کو مندرجہ ذیل مساوات کے ذریعے بیان کیا جا سکتا ہے!



شکل 10.21: (a) منحنی $t=0$ اور $t=\Delta t$ پر، بالترتیب، ایک ڈوری کے نقل کو ظاہر کرتے ہیں جب کہ ایک سائن خم نما لہر کی اشاعت x+ سمت میں ہو رہی ہے۔

(b) منحنی $x=0$ پر نقل کے وقت۔ تغیر کو ظاہر کرتا ہے جب کہ ایک سائن خم نما لہر x+ سمت میں اشعاع ہو رہی ہے۔ $x=Dx$ پر، نقل کا وقت۔ تغیر ذرا سا دائیں جانب ہٹا ہوا ہوگا۔

$$y\,(x,t) = a \sin\,(kx - \omega t) \qquad (10.32)$$

جہاں a اور $\omega\ (= 2\pi\nu)$، بالترتیب، لہر کی وسعت اور اس کے زاویائی تعدد کو ظاہر کرتے ہیں۔ مزید،

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} \tag{10.33}$$

لہر سے منسلک طول لہر کو ظاہر کرتا ہے۔ ہم ایسی لہروں کی اشاعت سے درجہ XI کی درسی کتاب کے باب 15 میں بحث کر چکے ہیں۔ کیونکہ نقل (جو y- سمت کی جانب ہے)، لہر کی اشاعت کی سمت کے زاویہ قائمہ پر ہے، ہمیں وہ لہر حاصل ہوگی جو عرضی لہر کہلاتی ہے۔ مزید یہ کہ، کیونکہ نقل y- سمت میں ہے، اس لیے اسے اکثر y- تقطیب شدہ لہر کہا جاتا ہے۔ مزید، ڈوری ہمیشہ xy- مستوی میں مقید رہتی ہے اور اس لیے اسے مسطح تقطیب شدہ لہر بھی کہتے ہیں

اسی طور پر، ہم x-z مستوی میں بھی ڈوری کا ارتعاش لے سکتے ہیں، جس سے z- تقطیب شدہ لہر پیدا ہوگی، جس کا نقل دیا جائے گا:

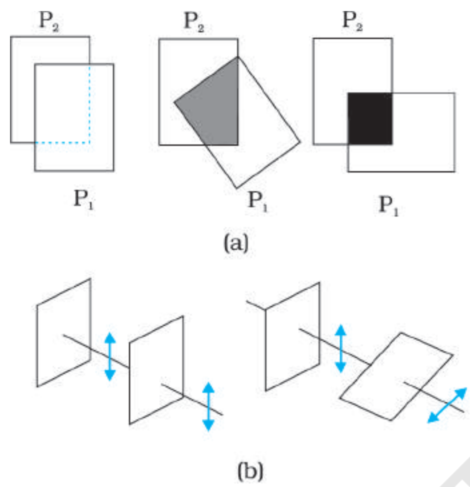
$$z\,(x,t) = a \sin\,(kx - \omega t) \tag{10.34}$$

یہاں یہ بتا دینا چاہیے کہ خطی طور پر تقطیب شدہ لہریں [مساوات (10.33)] اور مساوات (10.34) سے بیان کی گئی ہیں]، سب عرضی لہریں ہیں، یعنی کہ ڈوری کے ہر نقطہ کا نقل ہمیشہ لہر کی اشاعت کی سمت سے زاویہ قائمہ پر ہے۔ آخر میں، اگر ڈوری کے ارتعاش کے مستوی کو وقت کے بہت مختصر وقفوں میں بے ترتیب اختیاری طور پر تبدیل کیا جاتا رہے تو ہمیں وہ لہر حاصل ہوتی ہے جو غیر تقطیب شدہ لہر کہلاتی ہے۔ اس لیے، ایک غیر تقطیب شدہ لہر کے لیے نقل وقت کے ساتھ اختیاری بے ترتیب طور پر تبدیل ہوتا رہے گا حالانکہ یہ اشاعت کی سمت پر ہمیشہ عمود ہوگا۔

روشنی کی لہریں اپنی طبع کے لحاظ سے عرضی ہیں، یعنی کہ، اشاعت کرتی ہوئی ایک روشنی کی لہر سے منسلک برقی میدان ہمیشہ لہر کی اشاعت کی سمت کے ساتھ زاویہ قائمہ پر ہوگا۔ ایک سادہ پولیرائڈ (polaroid) استعمال کرکے اس کا مظاہرہ کیا جا سکتا ہے۔ ایک پولیرائڈ ایسے مالیکیولوں کی ایک لمبی زنجیر پر مشتمل ہوتا ہے، جن کی صف بندی ایک خاص سمت میں ہوئی ہوتی ہے۔ برقی سمتیے (اشعاع ہو رہی روشنی کی لہر سے منسلک) جن کی سمت، صف بند مالیکیولوں کی جانب ہوتی ہے، جذب ہو جاتے ہیں۔ اس لیے اگر ایک غیر تقطیب شدہ، روشنی کی لہر ایک ایسے پولیرائڈ پر واقع ہو تو روشنی کی لہر خطی طور پر تقطیب شدہ ہو جائے گی، جس کے برقی سمتیے ایسی سمت میں اہتزاز کر رہے ہوں گے جو صف بند مالیکیولوں پر عمود ہے، یہ سمت پولیرائڈ کا پاس- محور (pass axis) کہلاتی ہے۔

اس لیے اگر ایک عام ماخذ (جیسے ایک سوڈیم لیمپ) سے آ رہی روشنی ایک پولیرائڈ چادر P_1 سے گذرتی ہے تو یہ مشاہدہ میں آتا ہے کہ اس کی شدت آدھی رہ جاتی ہے۔ P_1 کو گھمانے سے خارج ہوئی شعاع پر کوئی اثر نہیں پڑتا اور خارج ہوئی شدت مستقلہ رہتی ہے۔ اب فرض کیجیے کہ ایک متماثل (identical) پولیرائڈ کا ٹکڑا P_2، P_1 سے پہلے رکھ دیا گیا ہے۔ جیسا کہ امید کی جاتی ہے کہ لیمپ سے آ رہی روشنی کی شدت صرف P_2 سے گذرنے پر کم ہو جائے گی۔ لیکن اب P_1 کو گھمانے سے P_2 سے آ رہی روشنی پر ایک ڈرامائی اثر ہوتا ہے۔ ایک خاص حالت (مقام) پر P_2 اور پھر P_1 سے گذر چکنے

والی شعاع کی شدت صفر ہوجاتی ہے۔اس حالت (مقام) سے 90º سے گھمادینے پر، P_1، P_2 سے باہرآنے والی تقریباً تمام شدت خارج کرتا ہے(شکل 10.22)



شکل 10.22 (a): P_2 اور P_1، دوپولیرائڈوں سے روشنی کا گذرنا۔جب ان کا درمیانی زاویہ 0 سے 90º کے درمیان تبدیل کیا جاتا ہے تو خارج ہورہی کسر 1 سے صفر ہوجاتی ہے۔نوٹ کریں کہ ایک واحد پولیرائڈ P_1 سے دیکھی جارہی روشنی زاویہ کے ساتھ تبدیل نہیں ہوتی۔(b) جب روشنی دو پولیرائڈوں سے گذرتی ہے، تب برقی-سمتیہ کا برتاؤ-خارج ہوئی تقطیب وہ جز ہے جو پولیرائڈ-محور کے متوازی ہے۔دوہرے تیر برقی سمتیے کے اہتزازات ظاہر کرتے ہیں۔

مندرجہ بالا تجربہ کو بہ آسانی سمجھا جاسکتا ہے،اگر ہم یہ مان لیں کہ پولیرائڈ P_2 سے گذرنے والی روشنی، P_2 کے پاس-محور کی سمت میں تقطیب شدہ ہوجاتی ہے۔اگر P_2 کے پاس-محور P_1 کے پاس-محور سے زاویہ θ بناتا ہے،تو جب تقطیب شدہ شعاع پولیرائڈ P_2 سے گذرتی ہے،جز E cos θ (P_2 کے پاس-محور کی سمت میں) P_2 سے گذرے گا۔اس لیے جب ہم پولیرائڈ P_1 (یا P_2) کو گھماتے ہیں تو شدت اس طور پر تبدیل ہوتی ہے:

$$I = I_0 \cos^2 \theta \tag{10.35}$$

جہاں I_0، P_1 سے گذرنے کے بعد تقطیب شدہ روشنی کی شدت ہے۔یہ مالوس کا قانون (Malus' law) کہلاتا ہے۔مندرجہ بالا بحث سے واضح ہوجاتا ہے کہ ایک واحد پولیرائڈ سے باہر آرہی لہر کی شدت واقع لہر کی شدت کا نصف ہوتی ہے۔ایک دوسرا پولیرائڈ رکھ دینے پر شدت کو مزید کنٹرول کیا جاسکتا ہے اور دونوں پولیرائڈوں کے پاس محوروں کے درمیان زاویہ کو درست کرکے شدت کو واقع شدت کے 50% سے صفر کے درمیان تبدیل کیا جاسکتا ہے۔

پولیرائڈ، دھوپ کے چشموں، کھڑکی کے شیشوں وغیرہ میں شدت کو کنٹرول کرنے کے لیے استعمال کیے جاسکتے ہیں۔پولیرائڈ فوٹوگرافی کے کیمروں اور 3D متحرک فلم کیمروں میں بھی استعمال ہوتے ہیں۔

مثال 10.8: جب دو کراس کیے ہوئے پولیرائڈوں کے درمیان ایک پولیرائڈ چادر کو گردش دی جاتی ہے تو خارج ہونے والی روشنی کی شدت سے بحث کیجیے۔

حل: فرض کیجیے کہ پہلے تقطیب کار P_1 سے گذرنے کے بعد تقطیب شدہ روشنی کی شدت I_0 ہے۔تب دوسرے تقطیب کار P_2 سے گذرنے کے بعد روشنی کی شدت ہوگی

$$I = I_0 \cos^2\theta$$

جہاں θ، P_1 کے پاس- محور اور P_2 کے پاس- محور کا درمیانی زاویہ ہے۔کیونکہ P_1 اور P_3 کراس کیے ہوئے ہیں، P_2 کے پاس- محور اور P_3 کے پاس- محور کا درمیانی زاویہ $\left(\frac{\pi}{2}-\theta\right)$ ہوگا۔اس لیے P_3 سے باہر آنے والی روشنی کی شدت ہوگی:

$$I = I_0 \cos^2\theta \cos^2\left(\frac{\pi}{2}-\theta\right)$$

$$= I_0 \cos^2\theta \sin^2\theta = \left(\frac{I_0}{4}\right)\sin^2 2\theta$$

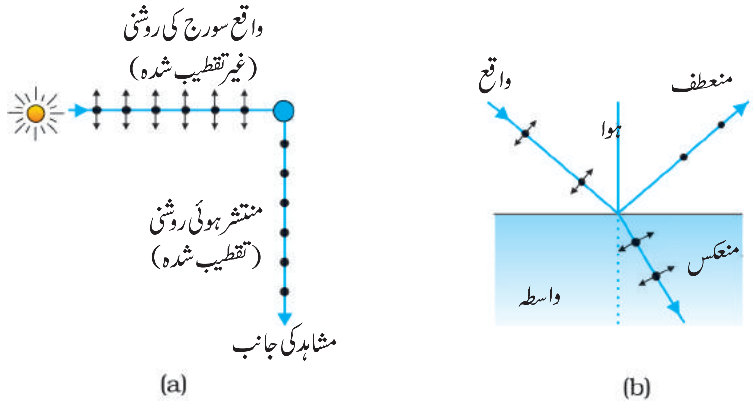
اس لیے باہر آرہی روشنی کی شدت اس وقت اعظم ہوگی جب: $\theta = \pi/4$

مثال 10.8

10.7.1 انتشار کے ذریعے تقطیب (Polarisation by scattering)

جب ہم ایک گھمائے جارہے پولیرائڈ سے آسمان کے صاف نیلے حصے سے آرہی روشنی کو دیکھتے ہیں تو اس کی شدت زیادہ اور کم ہوتی ہوئی معلوم ہوتی ہے۔یہ اور کچھ نہیں بلکہ سورج کی روشنی ہے، جس نے زمین کی فضا کے مالیکیولوں سے ٹکرانے (ان سے منتشر ہونے) کی وجہ سے اپنی سمت تبدیل کرلی ہے۔جیسا کہ شکل 10.23 (a) میں دکھایا گیا ہے، واقع سورج کی روشنی غیر تقطیب شدہ ہوتی ہے۔نقطے (ڈاٹ Dots) شکل کے مستوی کی عمودی سمت میں تقطیب کی نشاندہی کرتے ہیں۔دہرے تیر کاغذ کے مستوی میں تقطیب کو ظاہر کرتے ہیں۔(ایک غیر تقطیب شدہ روشنی میں ان دونوں میں کوئی فیز رشتہ نہیں ہوتا) واقع لہر کے برقی میدان کے زیر اثر، مالیکیولوں کے الیکٹران ان دونوں سمتوں میں حرکت کے اجزاء اختیار کرلیتے ہیں۔ہم نے شکل میں ایک ایسا مشاہد دکھایا ہے جو سورج کی سمت سے 90° کے زاویہ پر دیکھ رہا ہے۔ظاہر ہے وہ چارج جو دہرے تیروں کے متوازی اسراع کررہے ہیں، مشاہد کی جانب توانائی کا اشعاع نہیں کرتے، کیونکہ ان کے اسراع کا کوئی عرضی جز نہیں ہے۔اس لیے مالیکیولوں سے منتشر ہوئی شعاعیں ڈاٹ (Dot) کے ذریعے دکھائی گئی ہیں۔یہ شکل کے مستوی کی عمودی سمت میں تقطیب شدہ ہیں۔اس طرح آسمان سے آرہی منتشر شدہ روشنی کی تقطیب کی وضاحت ہوجاتی ہے۔

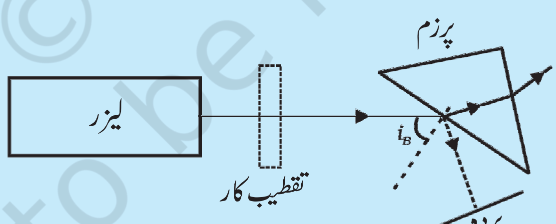
مالیکیولوں کے ذریعے روشنی کے انتشار کا سی.وی.رمن اور ان کے ساتھیوں نے، 1920 کی دہائی میں کلکتہ میں گہرا مطالعہ کیا۔رمن کو ان کے اس کام کے لیے 1930 کے طبیعات کے نوبل انعام سے نوازا گیا۔



شکل 10.23 (a): آسمان سے آرہی نیلی منتشر ہوئی روشنی کی تقطیب۔واقع سورج کی روشنی غیر تقطیب شدہ ہے (ڈاٹ اور تیر)۔ایک مخصوص مالیکیول دکھایا گیا ہے۔یہ روشنی کو 90º سے منتشر کر دیتا ہے، جو کاغذ کے مستوی پر عماد سمت میں تقطیب شدہ ہے (صرف ڈاٹ)۔
(b) اس روشنی کی تقطیب جو ایک شفاف واسطے سے بریوسٹر زاویے پر منعکس ہو رہی ہے (منعکس کرن، منعطف کرن پر عمود ہے)۔

مکمل ترسیل کی ایک مخصوص صورت
(A SPECIAL CASE OF TOTAL TRANSMISSION)

جب روشنی دو واسطوں کے باہمی رخ پر واقع ہوتی ہے، تو یہ دیکھا گیا ہے کہ اس کا کچھ حصہ منعکس ہو جاتا ہے اور کچھ حصہ ترسیل ہو جاتا ہے۔اسی سے متعلق ایک سوال لیجیے: کیا یہ ممکن ہے کہ کچھ شرائط کے ساتھ، روشنی کی ایک یک رنگی شعاع جو ایک سطح پر واقع ہو (جو عام طور سے انعکاس کرتی ہے)، بغیر کسی انعکاس کے مکمل طور پر ترسیل ہو جائے: آپ کو حیرت ہوگی، جواب ہے: ''جی ہاں''۔



آیئے ایک سادہ تجربہ کریں اور دیکھیں کیا ہوتا ہے۔ایک لیزر، ایک اچھے تقطیب کار، ایک پرزم اور ایک پردہ کو اس طرح ترتیب دیجیے، جیسے اوپر شکل میں دکھایا گیا ہے۔

فرض کیجیے کہ لیزر ماخذ سے خارج ہوئی روشنی تقطیب کار سے گذرتی ہوئی، پرزم کی سطح پر، بریوسٹر کے زاویہ وقوع i_B پر، واقع ہے۔اب احتیاط کے ساتھ تقطیب کار کو گھمائیے اور اب آپ دیکھیں گے کہ تقطیب کار کی ایک مخصوص صف بندی کے لیے، پرزم پر واقع روشنی، مکمل طور پر ترسیل ہو جاتی ہے اور پرزم کی سطح سے کوئی روشنی منعکس نہیں ہوتی۔منعکس دھبہ مکمل طور پر غائب ہو جائے گا۔

10.7.2 انعکاس کے ذریعے تقطیب (Polarisation by reflection)

شکل (b) 10.23 میں ایک شفاف واسطے، فرض کیجیے پانی، سے منعکس ہوتی ہوئی روشنی دکھائی گئی ہے۔ پہلے کی طرح ڈاٹ اور تیر نشاندہی کرتے ہیں کہ واقع منعطف لہروں میں دونوں تقطیبیں موجود ہیں۔ ہم نے ایسی حالت، اس شکل میں دکھائی ہے، جس میں منعکس لہر، منعطف لہر سے °90 کا زاویہ بناتی ہے۔ پانی کے اہتزاز کرتے ہوئے مالیکیول منعکس لہر پیدا کرتے ہیں۔ یہ دو سمتوں میں حرکت کرتی ہے جو واسطہ میں لہر، یعنی کہ منعطف لہر، کی شعاعوں کی عرضی سمتیں ہیں۔ تیر منعکس لہر کی سمت کے متوازی ہیں۔ اس سمت میں حرکت منعکس لہر میں حصہ نہیں لیتی۔ جیسا کہ شکل میں دکھایا گیا ہے، اس لیے منعکس روشنی، شکل کے مستوی کی عمودی سمت میں (ڈاٹ سے دکھائی گئی) خطی طور پر تقطیب شدہ ہو جاتی ہے۔ منعکس روشنی کو ایک تجزیہ کار (analyser) کے ذریعے دیکھ کر اس کی جانچ کی جا سکتی ہے۔ جب تجزیہ کار کا محور کاغذ کے مستوی میں، یعنی کہ وقوع کے مستوی میں، ہوگا تو ترسیل ہوئی شدت صفر ہوگی۔

جب غیر تقطیب شدہ روشنی دو شفاف واسطوں کی درمیانی سرحد پر واقع ہوتی ہے تو منعکس روشنی کی تقطیب ہو جاتی ہے اور اس کا برقی سمتیہ مستوی وقوع پر عمود ہوتا ہے، اگر منعطف اور منعکس کرنیں ایک دوسرے کے ساتھ زاویہ قائمہ بناتی ہیں۔ اس طرح ہم نے دیکھا کہ جب منعکس لہر، منعطف لہر پر عمود ہوتی ہے تو منعکس لہر ایک مکمل طور پر تقطیب شدہ لہر ہوتی ہے۔ اس صورت میں زاویہ وقوع، بریوسٹر کا زاویہ (Brewster's angle) کہلاتا ہے اور اسے   سے ظاہر کرتے ہیں۔ ہم دیکھ سکتے ہیں کہ i_B کا مقابلتاً کثیف واسطے کے انعطاف نما سے رشتہ ہے۔ کیونکہ ہمارے پاس ہے: $i_B + r = \frac{\pi}{2}$، اس لیے اسنیل کے قانون سے ہمیں حاصل ہوتا ہے:

$$\mu = \frac{\sin i_B}{\sin r} = \frac{\sin i_B}{\sin(\pi/2 - i_B)}$$

$$= \frac{\sin i_B}{\cos i_B} = \tan i_B \qquad (10.36)$$

یہ بریوسٹر کے قانون کے بطور جانا جاتا ہے۔

مثال 10.10

مثال 10.9: ایک مسطح شیشہ کی سطح پر غیر تقطیب شدہ روشنی واقع ہے۔ زاویہ وقوع کتنا ہونا چاہیے کہ منعکس اور منعطف کرنیں ایک دوسرے پر عمود ہوں؟

حل: $(i+r)$ کو $\frac{\pi}{2}$ کے مساوی ہونے کے لیے، ہمیں چاہیے: $\tan i_B = \mu = 1.5$، اس سے حاصل ہوتا ہے: $i_B = 57°$، ہوا سے شیشہ کے باہمی رخ کے لیے یہ بریوسٹر کا زاویہ ہے۔

آسانی کے لیے ہم نے روشنی کے °90 سے انتشار اور بریوسٹیر کے زاویے پر انعکاس سے بحث کی ہے۔ اس مخصوص صورت میں، برقی میدان کے دونوں عمودی اجزا میں سے ایک صفر ہوتا ہے۔ دیگر زاویوں پر دونوں اجزا موجود ہوتے ہیں لیکن ایک، دوسرے کے مقابلے میں زیادہ طاقت ور ہوتا ہے۔ ان دونوں عمودی اجزا کے درمیان کوئی مستحکم فیز رشتہ نہیں ہوتا

کیونکہ یہ دونوں ایک غیر تقطیب شدہ شعاع کے عمودی اجزا سے مشتق کیے جاتے ہیں۔ جب ایسی روشنی کو ایک گردش کرتے ہوئے تجزیہ کار سے دیکھا جاتا ہے تو ہمیں شدت کا ایک اعظم اور ایک اقل دکھائی دیتا ہے، مکمل تاریکی نہیں۔ اس قسم کی روشنی کو ''جزوی طور پر تقطیب شدہ'' کہتے ہیں۔

آیئے اس صورت حال کو سمجھنے کی کوشش کریں۔ جب ایک غیر تقطیب شدہ روشنی کی شعاع دو واسطوں کے باہمی رخ پر، بریوسٹر کے زاویے پر واقع ہوتی ہے، تو صرف روشنی کا وہ حصہ منعکس ہوتا ہے جس کا برقی میدان سمتیہ وقوع کے مستوی پر عمود ہے۔ اب ایک اچھا تقطیب کار استعمال کرکے اگر ہم اس تمام روشنی کو ہٹا دیں جس کا برقی سمتیہ وقوع کے مستوی پر عمودی ہے اور اس روشنی کو پرزم کی سطح پر، بریوسٹر کے زاویے پر واقع ہونے دیں، تو آپ کو کوئی انعکاس نظر نہیں آئے گا اور روشنی کی مکمل ترسیل ہوگی۔

ہم نے اس باب کا آغاز یہ نشاندہی کرتے ہوئے کیا تھا کہ کچھ مظاہر ایسے ہیں، جن کی وضاحت صرف لہر نظریہ کے ذریعے ہی کی جاسکتی ہے۔ ایک مناسب سمجھ پیدا کرنے کے لیے ہم نے پہلے کچھ ایسے مظاہر بیان کیے، جن کا مطالعہ ہم باب 9 میں کرن نوریات کی بنیاد پر کرچکے تھے اور دکھایا کہ انھیں لہر نوریات کی بنیاد پر کیسے سمجھا جاسکتا ہے۔ اس طرح کے مظاہر کی مثالیں ہیں انعکاس اور انعطاف۔ پھر ہم نے ینگ کا دہری۔سلٹ تجربہ بیان کیا جو کہ نوریات کے مطالعہ میں ایک نقطہ انقلاب تھا۔ آخر میں ہم نے کچھ منسلکہ نکات، جیسے انصراف، جز تجزیہ، تقطیب اور کرن نوریات کی درستگی صحت، بیان کیے۔ اگلے باب میں آپ دیکھیں گے کہ 1900 عیسوی کے قریب نئے تجربات نے کس طرح نئے نظریوں تک رہنمائی کی۔

خلاصہ

1۔ ہائی جینس کا اصول ہمیں بتاتا ہے کہ لہر محاذ کا ہر نقطہ ثانوی لہروں کا ماخذ ہے، جو آپس میں جمع ہوکر ایک بعد کے وقت پر لہر محاذ دیتی ہیں۔

2۔ ہائی جینس کی تشکیل ہمیں بتاتی ہے کہ نیا لہر محاذ ثانوی لہروں کا آگے کی سمت میں ملفوف ہے۔ جب روشنی کی چال سمت کے غیر تابع ہوتی ہے، ثانوی لہریں کروی ہوتی ہیں۔ تب کرنیں دونوں لہر محاذوں پر عمود ہوتی ہیں اور کسی بھی کرن پر ناپے جانے والا وقتِ سفر یکساں ہوتا ہے۔ یہ اصول، انعکاس اور انعطاف کے مشہور قوانین تک راہ نمائی کرتا ہے۔

3۔ لہروں کے انطباق کے اصول کا اطلاق ہر اس موقعہ پر ہوتا ہے جب دو یا دو سے زیادہ روشنی کے ماخذ ایک ہی نقطہ کو روشن کرتے ہیں۔ جب ہم دیے ہوئے نقطہ پر ان ماخذوں کی وجہ سے روشنی کی شدت کو لیتے ہیں تو انفرادی شدتوں کے حاصل جمع کے علاوہ ایک تداخل رکن بھی ہوتا ہے۔ لیکن یہ رکن تب ہی اہمیت رکھتا ہے جب اس کا غیر صفر اوسط ہو۔ ایسا صرف اسی وقت ہوتا ہے جب ماخذوں کا تعدد یکساں ہو اور ان کے درمیان مستحکم فیز فرق ہو۔

4۔ ینگ کی دوسلٹ سے، جب کہ سلٹوں کے درمیان فاصلہ d ہے، مساوی درمیانی فاصلے کی فرنجیں حاصل ہوتی ہیں، جن کا زاویائی درمیانی فاصلہ $\frac{\pi}{d}$ ہوتا ہے۔ ماخذ، سلٹوں کا وسطی نقطہ اور مرکزی چمکدار فرنج ایک خط مستقیم میں ہوتے ہیں۔ ایک توسیعی ماخذ (extended source) فرنجوں کو برباد کردے گا اگر وہ سلٹ پر $\frac{\pi}{d}$ سے بڑا زاویہ بناتا ہے۔

5۔ چوڑائی 'a' کی واحد سلٹ سے جو انصراف نمونہ ملتا ہے اس میں مرکزی اعظم ہوتا ہے۔ .... $\pm\frac{\lambda}{a}, \pm\frac{2\lambda}{a}$ وغیرہ کے زاویوں پر شدت صفر ہوجاتی ہے، اور درمیان میں لگاتار کمزور ہوتے ہوئے ثانوی اعظمات ہوتے ہیں۔ انصراف ایک دوربین کے زاویائی جز تجزیہ کو $\frac{\pi}{D}$ تک محدود کردیتا ہے، جہاں D قطر ہے۔ دو تارے جو اس سے زیادہ نزدیک ہوں، ایک دوسرے پر بہت زیادہ منطبق شبیہیں بناتے ہیں۔ اسی طرح، اگر ایک خوردبین کا وہ بیہ جو فوکس پر 2β زاویہ بناتا ہے اور ایک n انعطاف نما کے واسطے میں رکھا ہوا ہے ایسی دو اشیا کو بس علاحدہ بھر کرے گا جن کے درمیان $\frac{\lambda}{(2n \sin\beta)}$ فاصلہ ہے، جو کہ خوردبین کی جز تجزیہ حد ہے۔ انصراف سے روشنی کی کرنوں کے تصور کی حد متعین ہوتی ہے۔ a چوڑائی کی ایک شعاع انصراف کی وجہ سے پھیلنا شروع کرنے سے پہلے فاصلہ $\frac{a^2}{\lambda}$ طے کرتی ہے، جسے فرینیل فاصلہ کہتے ہیں۔

6۔ قدرتی روشنی، مثلاً سورج سے آرہی روشنی، غیر تقطیب شدہ ہوتی ہے۔ اس کا مطلب ہے کہ پیمائش کے دوران، برقی سمتیہ، تیزی کے ساتھ بغیر کسی ترتیب کے عرضی مستوی میں تمام ممکنہ سمتیں اختیار کرتا ہے۔ ایک پولیرائڈ صرف ایک جز (مخصوص محور کے متوازی) کی ترسیل کرتا ہے۔ اس طرح حاصل ہونے والی روشنی خطی طور پر تقطیب شدہ روشنی یا مسطح تقطیب شدہ روشنی کہلاتی ہے۔ جب اس قسم کی روشنی کو ایک دوسرے ایسے پولیرائڈ سے دیکھا جاتا ہے، جس کا محور 2π سے گھومتا ہے، شدت کے دو اعظمات اور دو اقلیات دکھائی دیتے ہیں۔ تقطیب شدہ روشنی ایک مخصوص زاویہ پر انعکاس کے ذریعے (جو بریوسٹر کا زاویہ کہلاتا ہے) اور زمین کی فضا میں $\frac{\pi}{2}$ سے انتشار کے ذریعے پیدا کی جاسکتی ہے۔

قابل غور نکات

1۔ ایک نقطہ ماخذ سے لہریں تمام سمتوں میں پھیلتی ہیں۔ سفید روشنی پتلی کرنوں کی شکل میں سفر کرتی دیکھی گئی ہے۔ ہائی جینس، ینگ اور فرینیل کے ادراک اور ان کے تجربات کے ذریعے ہی یہ سمجھا جاسکا کہ لہر نظریہ کس

طرح روشنی کے برتاؤ کے تمام پہلوؤں کی وضاحت کرسکتا ہے۔

2۔ لہروں کی فیصلہ کن نئی خاصیت مختلف ماخذوں سے آرہی روشنی کی لہروں کی وسعتوں کا تداخل ہے جو تعمیری اور تخریبی دونوں ہوسکتا ہے، جیسا کہ ینگ کے تجربے سے ظاہر ہوتا ہے۔

3۔ انصراف کا مظہر کرن نوریات کی حد متعین کرتا ہے۔ بہت نزدیک کی اشیا میں فرق کرنے کی، خردبینوں اور دوربینوں کی صلاحیت کی حد، روشنی کے طول لہر سے متعین ہوتی ہے۔

4۔ بیشتر تداخل اور انصراف اثرات طول لہروں، جیسے آواز کی لہروں، کے لیے بھی پائے جاتے ہیں۔ لیکن انصراف کا مظہر صرف عرضی لہروں، جیسے روشنی کی لہریں، کے لیے ہی مخصوص ہے۔

مشق

10.1 589 nm طول لہر کی یک رنگی روشنی ہوا سے ہوتی ہوئی ایک پانی کی سطح پر واقع ہے۔ طول لہر، تعدد اور چال کیا ہیں؟ (a) منعکس روشنی کی (b) منعطف روشنی کی۔ پانی کا انعطاف نما 1.33 ہے۔

10.2 مندرجہ ذیل میں سے ہر صورت میں لہر محاذ کی شکل کیا ہوگی؟

(a) ایک نقطہ ماخذ سے غیر مرکوز ہوتی ہوئی روشنی

(b) ایک حدبی لینس سے باہر آرہی روشنی، جب کہ اس کے فوکس پر ایک نقطہ ماخذ رکھا ہے۔

(c) ایک بہت دور کے ستارے سے آرہی روشنی کے لہر محاذ کا وہ حصہ جسے زمین قطع کرتی ہے۔

10.3 (a) شیشہ کا انعطاف نما 1.5 ہے۔ شیشہ میں روشنی کی چال کیا ہے؟ (خلا میں روشنی کی چال $3.0 \times 10^{8}\ \mathrm{m\ s^{-1}}$ ہے)۔

(b) کیا شیشہ میں روشنی کی چال، روشنی کے رنگ کے غیر تابع ہے؟ اگر نہیں تو شیشہ کے پرزم میں لال اور اودے رنگوں میں سے کس کی چال مقابلتاً کم ہوگی؟

10.4 ایک ینگ دو-سلٹ تجربے میں، سلٹوں کے درمیان 0.28 mm فاصلہ ہے اور پردہ 1.4 m دور رکھا ہوا ہے۔ مرکزی چمکدار فرنج اور چوتھی چمکدار فرنج کے درمیان ناپا گیا فاصلہ 1.2 cm ہے۔ تجربہ میں استعمال کی گئی روشنی کا طول لہر معلوم کیجیے۔

10.5 ایک ینگ دو-سلٹ تجربے میں، طول لہر λ کی یک رنگی روشنی استعمال کی گئی۔ پردہ کے اس نقطہ پر جہاں راہ فرق λ ہے، شدت K اکائیاں ہے۔ اس نقطہ پر روشنی کی شدت کیا ہوگی جہاں راہ فرق $\frac{\lambda}{3}$ ہے؟

10.6 روشنی کی ایک شعاع، جو دوطول لہر،650 nmاور 520 nm پر مشتمل ہے،ایک ینگ دو-سلٹ تجربے میں تداخل فرنجیں حاصل کرنے کے لیے استعمال کی گئی۔

(a) 650 nm طول لہر کے لیے، پردہ پر بنی تیسری چمکدار فرنج کا مرکزی اعظم سے فاصلہ معلوم کیجیے۔

(b) مرکزی اعظم سے اس مقام کا کم ترین فاصلہ کیا ہوگا جہاں دونوں طول لہر سے بن رہی چمکدار فرنجیں منطبق ہیں؟

10.7 ایک دو-سلٹ تجربے میں، 1m دور رکھے ہوئے پردہ پر بن رہی ایک فرنج کی زاویائی چوڑائی 0.2º ناپی گئی۔استعمال کی گئی روشنی کا طول لہر 600 nm ہے۔اگر پورے تجرباتی سامان کو پانی میں رکھ دیا جائے تو اس فرنج کی زاویائی چوڑائی کیا ہوگی؟ پانی کا انعطاف نما لیجیے۔

10.8 ہوا سے شیشے میں منتقلی کے لیے بریوسٹر زاویہ کتنا ہوگا؟(1.5= شیشہ کا انعطاف نما)

10.9 5000 Å طول لہر کی روشنی ایک مسطح انعکاسی سطح پر پڑتی ہے۔منعکس روشنی کے طول لہر اور تعدد کیا ہیں؟ کس زاویہ وقوع کے لیے منعکس کرن، واقع کرن پر عماد ہوگی؟

10.10 اس فاصلہ کا تخمینہ لگایئے جس کے لیے 4 mm روزن اور 400 nm طول لہر کے لیے، کرن نوریات اچھی تقربیت ہے۔

مزید مشق

10.11 ایک تارے میں ہائیڈروجن سے خارج ہوئی 6563 Å، $H\alpha$ لائن کی 15 Å سے سرخ منتقلی معلوم کی گئی۔وہ چال معلوم کیجیے جس سے تارہ زمین سے دور جارہا ہے۔

10.12 وضاحت کیجیے کہ ذریچہ نظریہ کس طرح یہ پیشن گوئی کرتا ہے کہ روشنی کی چال خلا کے مقابلے میں ایک واسطے، جیسے پانی، میں زیادہ ہوگی۔کیا اس پیشن گوئی کی تصدیق پانی میں روشنی کی چال معلوم کرنے کے لیے کیے گئے تجربہ سے ہوتی ہے؟ اگر نہیں، تو روشنی کی کون سی متبادل تصویر اس تجربہ سے سازگار ہے؟

10.13 آپ اس سبق میں سیکھ چکے ہیں کہ ہائی جینس کا اصول کس طور پر انعکاس اور انعطاف کے قوانین تک رہنمائی کرتا ہے۔اسی اصول کو استعمال کر کے براہِ راست طور پر اخذ کیجیے کہ ایک مسطح آئینے کے سامنے رکھی ہوئی شے کی غیر حقیقی شبیہ بنتی ہے اور شبیہ کا آئینے سے فاصلہ، شے کے آئینے سے فاصلے کے مساوی ہوتا ہے۔

10.14 آیئے کچھ ایسے عوامل کی فہرست تیار کریں جو لہر کی اشاعت کی چال پر ممکن ہے اثر انداز ہو سکتے ہوں۔

(i) ماخذ کی طبع

(ii) اشاعت کی سمت

(iii) ماخذ اور/ یا مشاہد کی حرکت

(iv) طول لہر

(v) لہر کی شدت

ان میں سے کن عوامل پر، اگر کوئی ہے، تابع ہے

(a) خلا میں روشنی کی چال

(b) واسطے (جیسے شیشہ یا پانی) میں روشنی کی چال

10.15 آواز کی لہروں کے لیے، تعدد منتقلی کے لیے ڈاپلر فارمولے میں مندرجہ ذیل دونوں صورتوں میں ذرا سا فرق ہے۔(i) ماخذ حالت سکون میں ہے، مشاہد حرکت کر رہا ہے (ii) ماخذ حرکت کر رہا ہے، مشاہد حالت سکون میں ہے۔لیکن خلا میں روشنی کی لہروں کے لیے بالکل درست ڈاپلر فارمولے ان دونوں صورتوں کے لیے بالکل متماثل ہیں۔ بتائیے کہ ایسا کیوں ہے؟ کیا آپ امید کریں گے کہ ایک واسطے میں سے گذرتی ہوئی روشنی کے لیے بھی دونوں صورتوں میں یہ فارمولے بالکل متماثل ہوں گے؟

10.16 ایک دو-سلٹ تجربے میں، 600 nm طول لہر کی روشنی استعمال کرتے ہوئے، ایک فاصلے پر رکھے ہوئے پردہ پر بن رہی ایک فرنج کی زاویائی چوڑائی 0.1° ناپی گئی۔ دونوں سلٹوں کی درمیانی فاصلہ کیا ہے؟

10.17 مندرجہ ذیل سوالات کے جواب دیجیے:

(a) ایک واحد سلٹ انصراف تجربے میں، ایک سلٹ کی چوڑائی، آغازی چوڑائی کی دوگنی کردی گئی۔ اس سے مرکزی انصراف پٹی کے سائز اور اس کی شدت پر کیا اثر پڑے گا؟

(b) ہر ایک سلٹ سے انصراف کا ایک دو-سلٹ تجربے میں حاصل ہونے والے تداخل نمونے سے کیا رشتہ ہے؟

(c) جب ایک بہت دور رکھے ماخذ سے آرہی روشنی کے راستے میں ایک بہت مختصر دائری رکاوٹ رکھ دی جاتی ہے تو رکاوٹ کے سایہ کے مرکز پر ایک چمکدار دھبہ نظر آتا ہے۔ وضاحت کیجیے کیوں؟

(d) ایک 10 میٹر اونچے کمرے میں دو طالب علموں کو ایک 7 m اونچی تقسیم-دیوار کے ذریعے علاحدہ کر دیا گیا ہے۔ اگر روشنی اور آواز دونوں کی لہریں رکاوٹوں پر مڑسکتی ہیں تو ایسا کیوں ہوتا ہے کہ وہ طالب علم ایک دوسرے کو دیکھ نہیں پاتے جب کہ وہ آسانی سے آپس میں بات چیت کر سکتے ہیں؟

(e) کرن نوریات اس مفروضے پر مبنی ہے کہ روشنی ایک مستقیم خط میں سفر کرتی ہے۔ انصراف اثرات (جو روشنی کی پتلے روزن/سلٹ میں سے ترسیل یا بہت چھوٹی رکاوٹوں کے گرد ترسیل کے دوران دیکھے جاتے ہیں) اس مفروضہ کو غلط ثابت کرتے ہیں۔ پھر بھی کرن نوریات کا مفروضہ، نوری آلات میں شبیہات کے مقام اور ان کی بہت سی دیگر خاصیتوں کو سمجھنے کے لیے اکثر و بیشتر استعمال کیا جاتا ہے۔ اس کو کیسے حق بجانب مانا جا سکتا ہے۔

10.18 دو پہاڑیوں پر دو مینار ہیں، جن کے درمیان 40 km فاصلہ ہے۔ ان کو ملانے والا خط، میناروں کے درمیان نصف دوری پر ایک پہاڑی سے 50 m اوپر سے گذرتا ہے۔ ریڈیو لہروں کی سب سے زیادہ طول لہر کیا ہوسکتی ہے، جو ان دونوں میناروں کے درمیان، بغیر کسی قابل لحاظ انصراف اثر کے، بھیجی جا سکے؟

10.19 500 nm طول لہر کی ایک متوازی، روشنی کی شعاع ایک پتلی سلٹ پر پڑتی ہے اور حاصل ہونے والا انصراف۔ نمونہ، 1m دور رکھے ہوئے پردہ پر دیکھا جاتا ہے۔ یہ مشاہدہ کیا جاتا ہے کہ پہلا اقل، پردہ کے مرکز سے 2.5 mm کے فاصلے پر ہے۔ سلٹ کی چوڑائی معلوم کیجیے۔

10.20 مندرجہ ذیل سوالات کے جواب دیجیے:

(a) جب ایک کم اونچائی پر اڑتا ہوا ہوائی جہاز ہمارے سر کے اوپر سے گذرتا ہے تو اکثر ہمیں TV کے پردہ پر تصویر کچھ ہلتی ہوئی محسوس ہوتی ہے۔ اس کی ممکنہ وجہ تجویز کیجیے۔

(b) جیسا کہ آپ سبق میں پڑھ چکے ہیں کہ لہر نقل کے خطی انطباق کا اصول، انصراف اور تداخل نمونوں میں شدت۔ تقسیم کو سمجھنے میں بنیادی کردار ادا کرتا ہے۔ اس اصول کے حق بجانب ہونے کی کیا دلیل ہے؟

10.21 واحد۔سلٹ انصراف نمونہ مشتق کرنے میں، یہ کہا گیا تھا کہ $\frac{n\lambda}{a}$ کے زاویوں پر شدت صفر ہے۔ سلٹ کو مناسب طور پر تقسیم کر کے تنسیخ حاصل کرتے ہوئے اسے درست قرار دیجیے۔