https://farid.ps/articles/light_energy_information_life/ur.html

روشنی: توانائی، معلومات، زندگی

انسانی تاریخ میں چند ہی تصورات نے روشنی کی طرح اتنا علامتی وزن اٹھایا ہے۔ اس سے بہت پہلے کہ ہم اس کی طول موج لی پیمائش کرسکتے یا اس کی توانائی کا حساب لگا سکتے، لوگوں نے محسوس کیا کہ روشنی محض ایک طبیعیاتی مظہر سے زیادہ ہے–یہ خود زندگی کا ایک استعارہ تھی۔

عبرانی بائبل میں، تخلیق کا آغاز ان الفاظ سے ہوتا ہے: "**روشنی ہو جائے۔**" قرآن میں، خدا کو "**آسمانوں اور زمین کی روشنی**" کے طور پر بیان کیا گیا ہے۔ بدھ مت میں، **روشن خیالی** سچائی کی طرف بیداری کی حالت ہے۔ مختلف روایات میں، روشنی الوہیت، پاکیزگی اور حکمت کا مظہر ہے۔ اس کے برعکس، اندھیرا جہالت، شریا افراتفری ہے۔

ہماری زبانیں ان استعاروں کو محفوظ رکھتی ہیں۔ ہم کسی مسئلے پر "روشنی ڈالتے ہیں"، جب ہم سمجھتے ہیں تو "روشنی دیکھتے ہیں"، اور جب کوئی متاثر کرتا ہے تو اسے "شاندار" کہتے ہیں۔ علم وہ روشنی ہے جو جہالت کے سائے دور کرتی ہے۔

موجودہ مذاہب سے بہت پہلے، دنیا بھر کی ثقافتوں نے **سرماوی انقلاب** –سب سے چھوٹا دن، جب اندھیرا اپنی انتہا کو پہنچتا ہے اور روشنی اپنی واپسی شروع کرتی ہے–کو منایا۔ ابتدائی معاشروں کے لیے، جو گرمی اور فصل کے لیے سورج پر منحصر تھے، انقلاب ایک بقا اور امید کا موڑ تھا۔ الاؤ، دعوتیں اور رسومات روشنی کی دوبارہ پیدائش کا جشن مناتی تھیں–یہ روایت بعد میں عیسائیت میں کرسمس کے طور پر شامل ہوگئی، لیکن اس کا گہرا علامتی معنی باقی رہتا ہے: سورج کی واپسی کے ذریعے زندگی کی تجدید۔ آج بھی، انقلابی تقریبات ہمیں انسانی ثقافت میں روشنی کے مرکزی مقام کی یاد دلاتی ہیں۔

لہذا، روشنی ہمارے لیے ہمیشہ فوٹانوں سے زیادہ رہی ہے: یہ توانائی، معلومات اور زندگی ہے–مادی اور روحانی دونوں معنوں میں۔

روشنی کیا ہے؟

اس کے استعاروں کے ساتھ ہزاروں سال تک جینے کے بعد، انسانیت نے آخرکار سائنس کی طرف رجوع کیا اور پوچھا: روشنی حقیقت میں کس چیز سے بنی ہے؟

ایک فوٹان کو ایک مائیکروسکوپک اینٹینا یا انڈکٹنس اور کیپیسیٹنس سے بنا ایک ریزوننٹ سرکٹ سمجھا جا سکتا ہے۔ سوائے اس کے کہ اس میں کوئی مادی حصے نہیں ہیں۔ یہ مسلسل برقی توانائی کو مقناطیسی توانائی میں اور اس کے برعکس تبدیل کرکے موجود رہتا اور پھیلتا ہے، ایک خود برقرار رکھنے والی ارتعاش جو روشنی کو خلا میں حرکت کرنے کی اجازت دیتی ہے۔

تاہم، فوٹان ہماری آنکھوں کو نظر آنے والے رنگوں کے تنگ بینڈ تک محدود نہیں ہیں۔ یہ ایک وسیع رینج کو گھیرتے ہیں، آسمان خراشوں سے لمبی ریڈیو لہروں سے لے کر ایٹم کے نیوکلس سے چھوٹی گاما شعاعوں تک۔ اس سپیکٹرم کے دوران، وہ کائنات کی شکل دیتے ہیں، زندگی کو سہارا دیتے ہیں، اور انسانی تہذیب کو توانائی دیتے ہیں۔

طول موج، فریکوئنسی اور توانائی

ہر فوٹان کو تین باہم مربوط طریقوں سے بیان کیا جا سکتا ہے:

- **طول موج (λ)**: ارتعاشی میدان کے چوٹیوں کے درمیان فاصلہ۔
- **فریکوئنسی (ν)**: فی سیکنڈ ہونے والی ارتعاشات کی تعداد۔
- **توانائی (E)**: کوانٹم کا سائز، جو پلانک کے تعلق **$E = h\nu$** سے دیا جاتا ہے۔

یہ روشنی کی رفتار سے جڑے ہوئے ہیں: **$c = \lambda\nu$**۔ لمبی طول موج کا مطلب ہے کم فریکوئنسی اور کم توانائی، جبکہ چھوٹی طول موج زیادہ فریکوئنسی اور زیادہ توانائی لاتی ہے۔ اس کی رینج حیرت انگیز ہے:

- **ریڈیو لہریں:** $\lambda \sim$ کلومیٹر، $\nu \sim$ کلوہرٹز، $E \sim 10^{-12}$ eV۔
- **مائیکروویو:** $\lambda \sim$ سینٹی میٹر، $\nu \sim$ گیگاہرٹز، $E \sim 10^{-5}$ eV۔
- **انفراریڈ:** $\lambda \sim$ مائیکرون، $\nu \sim$ ٹیراہرٹز، $E \sim 0.01$ eV۔
- **نظر آنے والی روشنی:** $\lambda = 400–700$ نینومیٹر، $\nu \sim 10^{14}$ ہرٹز، $E \sim 2–3$ eV۔
- **ایکس رے:** $\lambda \sim$ نینومیٹر، $\nu \sim 10^{17}$ ہرٹز، $E \sim$ keV۔
- **گاما شعاعیں:** $\lambda < 0.01$ نینومیٹر، $\nu > 10^{19}$ ہرٹز، $E \sim$ MeV–GeV۔

یہ سپیکٹرم دکھاتا ہے کہ ایک ہی کوانٹم — فوٹان — مختلف پیمانوں پر مختلف طریقوں سے خود کو ظاہر کرتا ہے۔

فوٹانوں کے ذرائع

مختلف طبیعیاتی عمل سپیکٹرم کے مختلف علاقوں کو جنم دیتے ہیں:

- **اینٹینا:** کنڈکٹرز میں ارتعاش کرنے والے الیکٹران لمبی طول موج والے فوٹان خارج کرتے ہیں۔ ریڈیو اور مائیکروویو تابکاری۔ یہ نشریات، ریڈار اور وائرلیس نیٹ ورکس کا بنیاد ہے۔
- **ایٹمی منتقلی:** جب ایٹموں میں الیکٹران آربیٹلز کے درمیان چھلانگ لگاتے ہیں، تو وہ انفراریڈ، نظر آنے والی، اور الٹراوائلٹ رینج میں فوٹان خارج کرتے ہیں۔ یہ فوٹان گرمی، رنگ اور کیمیائی توانائی لے جاتے ہیں۔
- **نیوکلیئر منتقلی:** بلند ترین توانائی پر، جب نیوکلس میں چارج شدہ ذرات دوبارہ ترتیب دیتے ہیں، تو گاما شعاعوں کے فوٹان خارج ہوتے ہیں۔ یہ نظر آنے والی روشنی سے لاکھوں گنا زیادہ توانائی والے ہوتے ہیں۔

اس طرح، فوٹان اینٹینا، ایٹموں اور نیوکلس سے یکساں طور پر پیدا ہوتے ہیں، جو طبیعیاتی کائنات کو ایک ساتھ جوڑتے ہیں۔

کوانٹائزیشن اور ریڈیو لہریں

چونکہ فوٹان کی توانائی فریکوئنسی کے متناسب ہوتی ہے ($E = h\nu$)، ریڈیو فریکوئنسی کے فوٹانوں میں بہت کم توانائی ہوتی ہے۔ نظر آنے والی روشنی یا گاما شعاعوں کے فوٹانوں سے ٹریلین گنا کم۔ نتیجتاً، اینٹینا ایک وقت میں ایک فوٹان اس طرح خارج نہیں کرتے کہ ہم آسانی سے پکڑ سکیں۔ اس کے بجائے، وہ ایک ساتھ **بہت بڑی تعداد** میں فوٹان چھوڑتے ہیں۔

ایک واحد نشریاتی اینٹینا فی سیکنڈ 10^{20} سے 10^{25} ریڈیو **فوٹانوں** کی تعداد میں خارج کر سکتا ہے۔ کسی بھی وصول کنندہ کے لیے۔ یا ہماری بصیرت کے لیے۔ یہ ایک ہموار، مسلسل لہر کی طرح نظر آتا ہے۔ کوانٹائزیشن اب بھی موجود ہے، لیکن یہ زبردست فراوانی کے نیچے چھپی ہوئی ہے۔

اس کے برعکس، زیادہ توانائی والے فوٹان جیسے الٹراوائلٹ، ایکس رے اور گاما شعاعیں انفرادی طور پر اتنی توانائی رکھتی ہیں کہ انہیں ایک ایک کرکے پکڑا جا سکتا ہے۔ ان کی ذرہ نما نوعیت واضح ہے، یہی وجہ ہے کہ آئن سٹائن کی فوٹو الیکٹرک اثر کی وضاحت الٹراوائلٹ روشنی پر مرکوز تھی، نہ کہ ریڈیو پر۔

اس ادراک میں فرق ایک وجہ ہے کہ لہر اور ذرہ کے درمیان بحث اتنی طویل عرصے تک جاری رہی۔

فوٹانوں کی مختصر تاریخ

فوٹانوں کے بارے میں ہماری سمجھ صدیوں کی بحثوں اور دریافتوں کے ذریعے ترقی کرتی رہی۔

- **نیوٹن بمقابلہ ہویگینس (1600 کی دہائی)**: نیوٹن نے استدلال کیا کہ روشنی چھوٹے ذرات سے بنی ہے، جبکہ ہویگینس نے اصرار کیا کہ یہ ایک لہر ہے۔ دونوں جزوی طور پر درست تھے، لیکن اس وقت کی ٹیکنالوجی اس سوال کو حل نہیں کر سکی۔
- **میکس ویل (1860 کی دہائی)**: جیمز کلارک میکس ویل نے اپنے مساوات کے ساتھ بجلی، مقناطیسیت اور روشنی کو متحد کیا، یہ دکھاتے ہوئے کہ روشنی ایک برقی مقناطیسی لہر ہے۔ یہ لہر کے نظریے کی فتح تھی۔
- **پلانک اور آئن سٹائن (1900–1905)**: پلانک نے بلیک باڈی ریڈی ایشن کی وضاحت کے لیے کوانٹائزڈ توانائی کا خیال متعارف کرایا، اور آئن سٹائن نے اسے فوٹو الیکٹرک اثر کی وضاحت کے لیے استعمال کیا۔ روشنی صرف الگ الگ پیکٹوں میں الیکٹرانوں کو باہر نکال سکتی تھی - فوٹان۔ یہ ذرہ کے نقطہ نظر کی فتح تھی۔
- **کوانٹم میکینکس (1920–1930)**: لہر اور ذرہ کی دوہری نوعیت کو باضابطہ کیا گیا: فوٹان کچھ تجربات میں لہروں کی طرح اور کچھ میں ذرات کی طرح برتاؤ کرتے تھے۔ لیکن تصوراتی تصویر اب بھی غیر اطمینان بخش تھی۔
- **فائن مین (1940–1960)**: رچرڈ فائن مین نے اپنی پاتھ انٹیگرل فارمولیشن کے ساتھ اس تناقض کو حل کیا۔ اس نے دکھایا کہ فوٹان نہ تو کلاسیکی لہریں ہیں اور نہ ہی کلاسیکی ذرات، بلکہ کوانٹم اشیاء ہیں جو تمام ممکنہ راستوں سے گزرتی ہیں، ہر راستہ ایک "فیز" کا حصہ ڈالتا ہے - اس کی مشہور کلائی گھڑی کی تشبیہ۔ اس سے اس نے کوانٹم الیکٹروڈائنامکس (QED) بنانے میں مدد کی، جو سائنس کی سب سے درست تھیوری ہے۔

فائن مین نے فوٹانوں کی دریافت نہیں کی، لیکن اس نے ہمیں ان کی **سب سے مکمل اور درست سمجھ** دی، جو صدیوں کی متضاد تھیوریوں کو ایک مربوط ڈھانچے میں متحد کرتی تھی۔

پولرائزیشن: روشنی کا ناچ

فریکوئنسی کے علاوہ، فوٹانوں کی ایک اور خاصیت ہوتی ہے: **پولرائزیشن**۔

چونکہ فوٹان کا برقی میدان ہمیشہ اس کی حرکت کی سمت کے عمود پر ارتعاش کرتا ہے، یہ اس ٹرانسورس پلین میں کسی بھی زاویے پر رخ کر سکتا ہے۔ ایک فوٹان کو آگے بڑھتا تصور کریں: اس کا میدان عمودی طور پر، افقی طور پر، یا اس کے درمیان کہیں بھی ارتعاش کر سکتا ہے۔ یہ پولرائزیشن ہے۔

پولرائزیشن کا سب سے مشہور نتیجہ **چمک** ہے۔ جب روشنی پانی، شیشے یا گیلی سڑک جیسے چپٹے، افقی سطح سے منعکس ہوتی ہے، تو منعکس ہونے والے فوٹان بے ترتیب طور پر رخ نہیں ہوتے۔ عکاسی کی فزکس **افقی طور پر پولرائزڈ روشنی** کو ترجیح دیتی ہے، کیونکہ سطح پر الیکٹران اس برقی میدان کے جزو کو زیادہ موثر طریقے سے دوبارہ خارج کرتے ہیں جو پلین کے ساتھ ہوتا ہے۔

یہی وجہ ہے کہ **پولرائزڈ دھوپ کے چشمے** اتنی اچھی طرح کام کرتے ہیں: ان میں ایک عمودی پولرائزر ہوتا ہے جو افقی طور پر پولرائزڈ فوٹانوں کو روکتا ہے جبکہ عمودی فوٹانوں کو گزرنے دیتا ہے۔ نتیجتاً، سڑکوں، جھیلوں اور ونڈشیلڈز سے چمک نمایاں طور پر کم ہو جاتی ہے۔

گاڑیوں کے ابتدائی دنوں میں، انجینئرز نے ایک اور عظیم الشان خیال کی تحقیق کی: کیا ہوگا اگر پولرائزیشن کو خود گاڑیوں میں شامل کیا جا سکے؟ تجویز یہ تھی کہ تمام **ہیڈلائٹس کو عمودی طور پر پولرائز کیا جائے**، جبکہ تمام **ونڈشیلڈز کو افقی پولرائزرز سے لیس کیا جائے**۔ نتیجہ یہ ہوتا کہ سامنے سے آنے والی ہیڈلائٹس خود بخود فلٹر ہو جاتیں، جو ڈرائیوروں کو چمک سے بچاتیں۔ یہ تصور ہوشیار اور خوبصورت تھا، لیکن اس وقت کے بڑے پیمانے پر پیداوار کے لیے بہت مہنگا تھا۔ یہ خیال ترک کر دیا گیا – اور دھوپ کے چشموں کو اسی مسئلے کا زیادہ عملی حل چھوڑ دیا گیا۔

پولرائزیشن زیادہ غیر معمولی بھی ہو سکتی ہے۔ اگر فوٹان کے برقی میدان میں عمودی اور افقی دونوں اجزا ہوں، اور یہ اجزا **ایک چوتھائی سائیکل سے باہر فیز** میں ارتعاش کریں، تو نتیجہ **سرکلر پولرائزیشن** ہوتا ہے۔ میدان اب ایک واحد لائن پر آگے پیچھے ارتعاش نہیں کرتا، بلکہ ایک سرپل بناتا ہے، جو حرکت کے محور کے گرد گھومتا ہے – ایک سادہ ارتعاش کے بجائے ایک مسلسل پس منظر کا ناچ۔

ڈائپول اینٹینا کی تشبیہ اب بھی درست ہے: جیسے ڈائپول کے اپنی محور کے ساتھ اندھے دھبے ہوتے ہیں، ویسے ہی فوٹان کبھی اپنے برقی میدان کو اپنے راستے کے ساتھ نہیں جوڑتے۔ وہ ٹرانسورس رہتے ہیں، ہمیشہ اپنی حرکت کی سمت کے گرد گھومتے ہیں۔

فوٹانوں کا کوانٹم اخراج

کوانٹم سطح پر، فوٹان اچانک چھلانگوں میں خارج ہوتے ہیں۔

- **ایٹم**: جب ایک الیکٹران آربیٹلز کے درمیان منتقل کرتا ہے، تو ایٹم عارضی طور پر ایک چھوٹے ڈائپول اینٹینا کی طرح برتاؤ کرتا ہے اور ایک فوٹان خارج کرتا ہے۔

- **نیوکلس:** جب پروٹون یا نیوٹرون اپنی ترتیب تبدیل کرتے ہیں، تو ایک گاما شعاع فوٹان خارج ہوتا ہے۔
- **کنڈکٹرز:** تاروں میں ارتعاش کرنے والے الیکٹران لمبی طول موج والے فوٹان چھوڑتے ہیں۔

پرجوش حالتیں نینو سیکنڈز یا گھنٹوں تک برقرار رہ سکتی ہیں، جو نظام پر منحصر ہے، لیکن جب اخراج ہوتا ہے، تو وہ فوری ہوتا ہے -ایک سچا **کوانٹم چھلانگ**، بغیر کسی درمیانی حالت اور بغیر کسی جزوی فوٹان کے۔

یہ وہ عالمگیر میکانزم ہے جس کے ذریعے فوٹان پیدا ہوتے ہیں۔

لیزر: فوٹانوں پر قابو

فوٹانوں کو استعمال کرنے میں انسانیت کی سب سے بڑی فتحوں میں سے ایک لیزر ہے۔

لیزر کا آغاز پرجوش حالتوں میں رکھے گئے ایٹموں کے ذخیرے سے ہوتا ہے۔یہ **آبادی کی الٹ پھیر** میڈیم میں توانائی پمپ کرکے بنائی جاتی ہے -برقی ڈسچارج، ایک اور لیزر یا کیمیائی رد عمل کا استعمال کرتے ہوئے۔

پرجوش ایٹم دو آئینوں کے درمیان پھنسے ہوتے ہیں: ایک مکمل طور پر عکاس اور دوسرا جزوی طور پر شفاف۔ آئینوں کے درمیان فاصلہ فوٹان کی طول موج سے مماثل ہونے کے لیے ٹیون کیا جاتا ہے۔ صرف ریزوننٹ فوٹان ہی بار بار عکاسی سے بچتے ہیں؛ باقی ایک دوسرے کو منسوخ کر دیتے ہیں۔

شروع میں، اخراج بے ترتیب ہوتے ہیں۔ پھر، ایک فوٹان خود بخود گہا کے محور کے ساتھ خارج ہوتا ہے۔یہ فوٹان **پائلٹ** بن جاتا ہے، جیسے بجلی کی ابتدائی چنگاری۔ اس کا برقی میدان تمام بعد کے متحرک اخراج کے لیے سمت اور فیز کی وضاحت کرتا ہے۔پڑوسی ایٹم فوٹان چھوڑتے ہیں جو بالکل درست نقلیں ہیں -ایک ہی فریکوئنسی، ایک ہی فیز، ایک ہی پولر��ئزیشن۔

جیسے جیسے پائلٹ بڑھتا ہے، فوٹان آگے پیچھے اچھلتے ہیں، ایک دوسرے کو تقویت دیتے ہیں۔ جب شدت کافی زیادہ ہو جاتی ہے، تو ایک دھارا جزوی طور پر شفاف آئینے سے فرار ہو جاتا ہے۔

نتیجہ لیزر کی روشنی ہے:

- **مونوکرومیٹک:** صرف ایک فریکوئنسی زندہ رہتی ہے۔
- **کوہرینٹ:** تمام فوٹان ایک ساتھ ٹک ٹک کرتے ہیں، ان کی کلائی گھڑیاں ہم آہنگ ہوتی ہیں۔

- پولرائزڈ: پائلٹ فوٹان ارتعاش کی سمت کی وضاحت کرتا ہے۔

ایک بلب کی مخلوط، بے ترتیب روشنی کے برعکس، لیزر فوٹانوں کی ایک نظم شدہ فوج ہے جو مکمل ہم آہنگی میں چلتی ہے۔

فوٹانوں کا بنیادی کردار

فوٹان صرف فزکس کی دلچسپی نہیں ہیں - وہ کائنات کی بنیاد ہیں۔

- ستاروں میں، فوٹان نیوکلیئر فیوژن کی توانائی کو لے جاتے ہیں، گرنے سے روکتے ہیں اور ستاروں کی روشنی کو ممکن بناتے ہیں۔
- زمین پر، شمسی فوٹان سیارے کو گرم کرتے ہیں اور فوٹو سنتھیسز کو توانائی دیتے ہیں، جو زندگی کو ممکن بناتا ہے۔
- تہذیب میں، فوٹان ہمارے پیغام رساں ہیں۔ لمبی لہر والے ریڈیو سے لے کر آپٹیکل فائبر تک، ہم نے مسلسل سپیکٹرم میں ترقی کی ہے، معلومات کی کثافت اور رسائی کو بڑھاتے ہوئے۔ آج، فوٹان انٹرنیٹ، سیٹلائٹس، طبی امیجنگ اور درست پیمائش کو جوڑتے ہیں۔

ہر سانس آکسیجن، ہر کھانا، ہر فون کال، ہر ای میل فوٹانوں پر منحصر ہے۔

نتیجہ

فوٹان برقی مقناطیسی میدان کے کوانٹم ہیں، جو ایک سپیکٹرم کو گھیرتے ہیں جو ستاروں کو توانائی دیتا ہے، زندگی کو سہارا دیتا ہے، اور ٹیکنالوجی کو ممکن بناتا ہے۔ انہوں نے نسلوں کے سائنسدانوں کو حیران کیا کیونکہ وہ لہر یا ذرہ کی کیٹیگریز کی خلاف ورزی کرتے تھے۔

فوٹانوں کی کہانی نیوٹن کے ذرات اور ہویگینس کی لہروں سے شروع ہوئی، میکس ویل کے مساوات کے ساتھ بڑھی، آئن سٹائن کے فوٹو الیکٹرک اثر کے ساتھ بہتر ہوئی اور آخر کار فائن مین کی کلائی گھڑی کی تشبیہ اور QED کی ریاضی میں اپنا سب سے واضح اظہار پایا۔

زیر آب سگنلز سے لے کر گاما شعاعوں کے دھماکوں تک، اینٹینا سے لے کر ایٹموں اور نیوکلس تک، دھوپ کے چشموں سے لے کر لیزر تک، فوٹان موجود ہیں۔ اور فائن مین کی بصیرت کی بدولت، ہم آخر کار انہیں واضح طور پر دیکھتے ہیں - نہ صرف لہروں یا

ذرات کے طور پر، بلکہ روشنی کے عالمگیر کوانٹم کے طور پر۔