فزکس کے سات اسباق

کارلو رُویلی

انگریزی سے ترجمہ:

زاہد اِمروز

فصی ملک

فزکس کے سات اسباق

فہرست

۱۔خوب صورت ترین نظریہ
۲۔روشنی کے ذرّات (کوانٹا)
۳۔کائنات کی ساخت
۴۔ذرّات
۵۔سپیس کے ذرّات
۶۔زمان، اِمکان اور بلیک ہولز کی حرارت
۷۔ہمارا وجود

دوسرا سبق

روشنی کے ذرّات (کوانٹا)

بیسویں صدی کی فزکس کے دو اہم ستون، آئن شٹائن کا نظریہ عمومی اضافیت (جس کے بارے میں مَیں نے گزشتہ سبق میں بات کی) اور کوانٹم میکانیات (جس کے متعلق مَیں اس سبق میں بات کروں گا)، اپنے بنیادی تصوّرات میں ایک دوسرے سے اس قدر الگ تھے کہ یہ مزید مختلف نہیں ہو سکتے تھے۔ البتہ دونوں نظریات یہ بتاتے ہیں کہ فطرت کی ساخت ایسی نہیں ہے جیسی بظاہر ہمیں نظر آتی ہے۔ یہ اس سے کہیں زیادہ لطیف ہے۔ عمومی اضافیت ایک ایسا جامع علمی گوہر ہے جس کو آئن شٹائن نے اکیلے ہی تخلیق کیا۔ یہ نظریہ کششِ ثقل اور زمان و مکاں (Space and Time) کا ایک مربوط تصور ہے۔ جب کہ دوسری جانب کوانٹم میکانیات یا کوانٹم فزکس نے بھی اتنی ہی تجرباتی کامیابی حاصل کی اور ایسے سائنسی اور تکنیکی اطلاقات دیئے ہیں جس نے ہماری روزمرہ زندگی کو بدل کر رکھ دیا ہے۔ مثال کے طور پر یہ کمپیوٹر جس پر میں یہ تحریر لکھ رہا ہوں اس کمپیوٹر کو چلانے کے پیچھے بھی کوانٹم میکانیات کارفرما ہے۔ تاہم اپنے جنم سے ایک سو برس بعد بھی یہ ناقابلِ فہم پیچیدگی اور تجسس سے بھری ہوئی ہے۔

کہا جاتا ہے کہ کوانٹم میکانیات کا آغاز عین 1900ء میں ہوا اور ایک گہرے تفکّر کی صدی نے جنم لیا۔ جرمنی کے سائنس دان میکس پلانک (Max Plank) نے ایک فرضی سیاہ جسم (Black Body) میں، جب وہ جسم حالتِ توازن میں ہو، موجود برقی میدان کی ریاضیاتی پیمائش کی۔ ایسا کرنے کے لیے اس نے ہوشیاری سے کام لیا اور ایک ترکیب سوچی۔ میکس پلانک نے فرض کیا کہ اس برقی میدان کی توانائی چھوٹے قدریوں (Building blocks) یعنی کوانٹا (Quanta) میں منقسم ہے۔ یوں سمجھیں کہ توانائی کوئی متسلسل یا بہتی ہوئی شے نہیں، بلکہ یہ چھوٹے چھوٹے ذرات (Quanta) یا پیکٹوں کی صورت میں اپنا وجود رکھتی ہے۔ اس تصور کی رو سے ریاضیاتی پیمائش کے نتائج تجرباتی طور پر حاصل کیے گئے نتائج سے مکمل ہم آہنگ تھے (اور لازماً صحیح تھے)۔ لیکن یہ نتائج مروجہ سائنسی تصورات کے بالکل منافی تھے۔ توانائی کو ایسی چیز گمان کیا جاتا تھا جو ایک تسلسل سے تبدیل ہوتی ہے۔ ایسا سوچنے کی کوئی وجہ نہیں تھی کہ یہ چھوٹے چھوٹے قدریوں یا ذرات سے مل کر بنی ہوسکتی ہے۔ توانائی کو چھوٹے چھوٹے ذرات گمان کرنا پلانک کے لیے بھی محض ایک

حسابی کلیہ تھا اور وہ خود بھی مکمل طور پر اس کی اہمیت کو نہیں سمجھا تھا۔ ایک مرتبہ پھر یہ آئن شٹائن ہی تھا جس نے پانچ سال بعد ایک سادہ سے تجربے کے ذریعے یہ دریافت کیا کہ توانائی کے یہ چھوٹے چھوٹے ذرّے حقیقی ہیں۔

آئن شٹائن نے ثابت کیا کہ روشنی محض مسلسل لہر نہیں بلکہ ذرات یا پیکٹوں سے مل کر بنی ہے۔ انہیں ہم آج ضیائیہ یا فوٹون (Photon) کہتے ہیں۔ آئن شٹائن نے اپنے مضمون کے تعارف میں لکھا کہ: ''مجھے یوں لگتا ہے کہ اگر ہم یہ فرض کرلیں کہ روشنی کی توانائی سپیس میں غیر مسلسل انداز میں منقسم ہے تو سیاہ جسمی شعاعوں (Blackbody Radiations)، روشنی کی دمک (Fluorescence)، بالائے بنفشی شعاؤں (Ultraviolet Rays) کے ذریعے منفی شعاعوں (Cathode Rays) کی پیداوار اور روشنی کے اخراج یا تبدیلی ہیئت کے ساتھ منسلک دوسرے عوامل کو زیادہ آسانی سے سمجھا جاسکتا ہے۔ اس مفروضے کی مطابق ایک نقطے سے خارج ہونے والی روشنی کی شعاع سپیس میں مسلسل بڑھتے تناسب کے ساتھ مساوی طور پر منقسم نہیں بلکہ محدود مقداری روشنی کے ذرات یعنی 'کوانٹا' پر مشتمل ہے جو عام ذرات کی طرح خلا میں ایک خاص مقام پر موجود ہوتے ہیں اور انہیں مزید تقسیم نہیں کیا جاسکتا بلکہ یہ مکمل اکائی کی شکل میں خارج یا جذب کیے جاسکتے ہیں۔

یہ سادہ اور واضح سطور کوانٹم میکانیات کا پیدائشی سرٹیفکیٹ ہیں۔ حیران کن بات ہے کہ آئن شٹائن کے اِس ابتدائی جملے پر غور کریں ''مجھے یوں لگتا ہے'' ۔۔۔ جو کہ چارلس ڈارون کے ابتدائی جملے ''میں سوچتا ہوں'' ۔۔۔ کی یاد دہانی کراتا ہے جب اس نے اپنی تحقیقی ڈائریوں میں انواع کے ارتقا کا تصور پیش کیا تھا۔ یا فیراڈے کی وہ ''ہچکچاہٹ'' جو اس نے مقناطیسی میدان کا انقلابی تصور متعارف کراتے ہوئے ظاہر کی تھی۔ یقیناً نابغے کوئی دعوی کرتے ہوئے ہچکچاتے ہیں۔

ابتدا میں آئن شٹائن کے سائنسی کام کو اس کے ہم عصروں کی طرف سے ایک بہت ہی ذہین نوجوان کا ''لایعنی بچپنہ'' سمجھا گیا لیکن بعد میں اسے اِسی کام پر فزکس میں نوبل انعام دیا گیا۔ اگر میکس پلانک اس نظریے کا باپ ہے تو آئن شٹائن اُن والدین میں سے ہے جس نے اس کی پرورش کی۔

اپنے سائنسی اعتراضات کی وجہ سے آئن شٹائن نے کوانٹم میکانیات کے اس نظریے کا مکمل اعتراف نہیں کیا۔ لیکن تمام بچوں کی طرح یہ نظریہ بھی اپنے رستے پر چل پڑا۔ البتہ بیسویں صدی کی دوسری اور تیسری دہائی میں نیلز بوہر (Niels Bohr) نے اس نظریے کو مزید مستحکم کیا۔ نیلز بوہر نے یہ آگہی حاصل کی کہ جوہروں (Atoms) کے اندر برقیوں یا الیکٹرانوں (Electrons) کی توانائی بھی روشنی کی توانائی کی طرح مخصوص قدر (Discrete value) حاصل کرسکتی ہے۔ سب سے اہم نقطہ یہ کہ الیکٹران ایک مدار سے دوسرے مدار میں ایک خاص توانائی سے ہی چھلانگ لگا سکتے ہیں اور جب وہ ایسا کرتے ہیں تو دو مداروں میں توانائی کے فرق کے برابر ایک فوٹون خارج یا جذب کرتے ہیں۔ یہ مشہور کوانٹمی جستیں (Quantum Leaps) کہلاتی ہیں۔ ڈنمارک کے شہر کوپن ہیگن میں واقع یہ نیلز بوہر کا انسٹی ٹیوٹ ہی تھا جہاں

بیسویں صدی کے ذہین ترین دماغ اس نئی جوہری دنیا کی حیران کن خوبیوں پر ہونے والی تحقیق میں ایک نظم (Order) لانے کے لیے اکٹھے ہوئے اوراس سے ایک جامع نظریے نے جنم لیا۔ بالآخر 1925ء میں اس نظریے کی ریاضیاتی مساواتیں ظہور پذیر ہوئیں جنہوں نے نیوٹن کی کلاسیکی میکانیات کو مکمل طور پر تبدیل کر دیا۔

ایسی ایک کامیابی کا تصور کرنا کافی مشکل ہے جس میں ایک ہی دھچکے میں ہر چیز قابلِ فہم بن جاتی ہے اور آپ ہر چیز کا حساب لگا سکتے ہیں۔ ایک مثال لیتے ہیں: آپ کو مینڈلیف (Mendeleev) کا بنایا ہوا دوری جدول (Periodic Table) یاد ہے؟ جس میں ہائیڈروجن سے لے کر یورینیم تک وہ تمام عناصر درج ہیں جن سے مل کر ہماری کائنات بنی ہے اور جو ہمارے اسکولوں اور کالجوں کے بہت سارے کمروں کی دیواروں پر لٹکا ہوتا ہے؟ دوری جدول میں جو عناصر موجود ہیں وہ خاص طور پر اسی جگہ پر کیوں ہیں جہاں وہ ہیں اور دوری جدول کی خاص طور پر یہی ساخت کیوں ہے جس میں پیریڈ ہیں اوران کیمیائی عناصر کی مخصوص خصوصیات ہیں؟ جواب یہ ہے کہ ہر عنصر کوانٹم میکانیات کی بنیادی مساوات کے ایک خاص حل سے مطابقت رکھتا ہے۔ تمام کی تمام کیمسٹری ایک ہی مساوات سے نکلتی ہے۔

اس نئے نظریے کی مساوات جو کہ دماغ کو ماؤف کر دینے والے مشکل تصورات پر مبنی تھی، کا خالق جرمنی کا ایک نوجوان نابغہ ویرنر ہائزن برگ (Werner Heisenberg) تھا۔ ہائزن برگ نے فرض کیا کہ الیکٹران ہر وقت اپنا وجود نہیں رکھتے۔ یہ صرف اس وقت وجود رکھتے ہیں جب کوئی شخص یا کوئی شے انہیں دیکھتی ہے یا پھر جب وہ کسی دوسری چیز سے تعامل کرتے ہیں۔ جب یہ کسی دوسری چیز سے ٹکراتے ہیں تو اس جگہ پر کسی خاص اِمکان (Probability) کے ساتھ ظاہر ہوتے ہیں جس کا حساب لگایا جا سکتا ہے۔ ایک مدار سے دوسرے مدار تک کوانٹمی جستیں ان کے حقیقی ہونے کا وسیلہ ہیں۔ الیکٹران ایک تعامل (Interaction) سے دوسرے تعامل تک جستوں کا مجموعہ ہے۔ جب کوئی چیز اس سے تعامل نہیں کر رہی ہوتی تو یہ کسی بھی خاص مقام پر موجود نہیں ہوتا۔ بلکہ یہ کہیں بھی ''موجود'' نہیں ہوتا۔

یہ بالکل ایسے ہے کہ جیسے خدا نے حقیقت کا خاکہ تیار کرتے ہوئے مکمل اور گہرے خط کھینچنے کی بجائے محض دھندلی اور ادھوری سی کچھ نیم مکمل لائنیں کھینچ دی ہوں۔

کوانٹم میکانیات میں کسی بھی جسم کا کوئی خاص مقام متعین نہیں ہوتا سوائے جب وہ کسی دوسرے جسم سے ٹکراتا ہے۔ ان دو تعاملات کے درمیانی وقفے میں اسے بیان کرنے کے لیے ایک تجریدی کلیے کا سہارا لینا پڑتا ہے جس کا وجود حقیقی کی بجائے تجریدی ریاضی میں ہے۔ لیکن ابھی اس سے زیادہ پیچیدہ مسئلہ باقی ہے۔ الیکٹرانوں کی ایک مقام سے دوسرے مقام تک ان تعاملاتی جستوں کی پیش گوئی ممکن نہیں بلکہ مجموعی طور پر یہ بے ترتیب ہوتی ہیں۔ صرف اس اِمکان کا حساب لگانا ممکن ہے کہ الیکٹران کا ظہور یہاں ہوگا یا وہاں، نہ کہ اس کا کہ اس کا ظہور کسی خاص مقام پر ہوگا۔ ان اِمکانات کا سوال فزکس کی اساس تک جاتا ہے جہاں بظاہر ہر چیز خاص قوانین کے تحت کام کرتی ہوئی محسوس ہوتی ہے اور جو ہمہ گیر اور نا قابلِ تغیّر

ہیں۔

کیا یہ لایعنی محسوس ہوتا ہے؟ یہ آئن شٹائن کو بھی بے معنی ہی لگا تھا۔ ایک طرف تو اُس نے ہائزن برگ کے اس نظریے کا اعتراف کرتے ہوئے اس کا نام نوبل انعام کے لیے تجویز کیا کہ اس نے دنیا کے بارے میں کسی بنیادی چیز کو سمجھا ہے۔ جب کہ دوسری جانب اُس نے کوئی موقع ہاتھ سے نہ جانے دیا جہاں وہ اس نظریے کے خلاف بڑبڑا نہ سکے کہ یہ تصوّر اس کے نزدیک قرین قیاس نہیں۔

کوپن ہیگن کے نوجوان افسردہ تھے کہ یہ کیسے ممکن ہے کہ آئن شٹائن ایسا سوچے؟ اُن کا روحانی باپ جس نے ناقابلِ تصور کو تصور میں لانے کی جرّات کی، فزکس کے اِس 'نامعلوم' پہلو کی جانب ایک نئی جست لگانے سے گھبرا رہا تھا جس کی بنیاد اُس نے خود رکھی تھی۔ وہی آئن شٹائن جس نے ثابت کیا تھا کہ وقت ہمہ گیر نہیں ہے اور مکاں خمیدہ ہے، اب کہہ رہا تھا کہ دنیا ''اِس قدر'' عجیب نہیں ہو سکتی۔

بوہر نے نہایت تحمّل سے آئن شٹائن کو ان تصورات کی وضاحت پیش کی۔ آئن شٹائن نے اعتراضات کیے۔ اس نے اِن نئے تصورات میں موجود تضادات ثابت کرنے کے لیے تخیّلی تجربات ترکیب دیئے۔ روشنی سے بھرے ایک ڈبے کا تصور کریں جس سے ہم صرف ایک فوٹون کو باہر آنے دیتے ہیں اور یوں آئن شٹائن کی مشہور مثال ''روشنی کے ڈبے والا تخیّلی تجربہ'' کا آغاز ہوتا ہے۔ لیکن ہر بار بوہر کوئی ایسا جواب ڈھونڈ لیتا جس سے ان اعتراضات کو رد کیا جا سکے۔ سالوں تک ان کا مکالمہ خطوط، لیکچروں اور مضامین کے ذریعے جاری رہا۔ تبادلہ خیال کے دوران دونوں شخصیات کو اپنے خیالات پر نظرِ ثانی کرنے اور اُن کو تبدیل کرنے کی ضرورت پڑی۔ آئن شٹائن کو بالآخر یہ ماننا پڑا کہ نئے تصورات میں تضادات نہیں ہیں اور بوہر کو یہ ماننا پڑا کہ چیزیں اتنی آسان اور سادہ نہیں ہیں جتنی اس نے پہلے سمجھی تھیں۔ آئن شٹائن اس پر بالکل نرمی نہیں برتنا چاہتا تھا جو اس کے لیے سب سے اہم مسئلہ تھا کہ اس بات سے بالاتر کہ کون سی چیز کس سے تعامل کرتی ہے، کائنات کی ایک معروضی حقیقت ضرور موجود ہے۔ جب کہ بوہر نے اس نئے نظریے پر، جس نے حقیقت کی عمیقیت کو نئے انداز میں تصور کیا، کوئی شک نہ کیا۔ بالآخر آئن شٹائن نے مان لیا کہ یہ نظریہ دنیا کے متعلق ہماری فہم میں بہت بڑی جست ہے۔ وہ اس بات پر بھی قائم رہا کہ چیزیں جتنی عجیب نظر آتی ہیں اتنی ہیں نہیں۔ یقیناً اِن مظاہر کے پیچھے قابلِ فہم وضاحت موجود ہے۔

آج ایک صدی بعد بھی ہم اُسی مقام پر کھڑے ہیں۔ کوانٹم میکانیات کی مساواتوں اور ان کے مضمرات کو طبیعیات دان، کیمیا گر، انجینئر اور حیاتیات دان روزمرہ زندگی کے بہت سے مختلف علمی میدانوں میں استعمال کرتے ہیں۔ یہ مساواتیں ہم عصر ٹیکنالوجی میں بہت کار آمد ہیں۔ کوانٹم میکانیات کے بغیر الیکٹرانکس مثلاً ٹرانسسٹر کا کوئی وجود نہ ہوتا۔ ان کے عملی استعمال کے باوجود یہ مساواتیں پُراسرار اور کسی حد تک ناقابلِ فہم رہتی ہیں۔ کیوں کہ یہ مساواتیں محض یہ بتاتی ہیں کہ ایک طبعی نظام دوسرے طبعی نظام پر کیسے اثر انداز ہوتا ہے، یہ نہیں بتا پاتیں کہ اس تعامل کے دوران اُس طبعی نظام کے ساتھ

بذاتِ خود کیا ہوتا ہے۔

اس کا مطلب کیا ہوا؟ کہ کسی نظام کی بنیادی حقیقت نا قابلِ بیان ہے؟ کیا اس کا مطلب ہے کہ ہمارے پاس اس پہیلی کو حل کرنے کے لئے ایک حصّے کی کمی ہے؟ یا اِس کا مطلب یہ ہے (اور جو مجھے بھی لگتا ہے) کہ ہمیں اس حقیقت کو مان لینا چاہیے کہ یہ تعامل ہی اصل حقیقت ہے۔ اس سے صحیح معنوں میں ہمارا علم آگے بڑھے گا۔ ایسا مان لینے سے ہم وہ کچھ کرنے کے قابل ہوں گے جس کے بارے میں ہم نے ابھی تک تصوّر بھی نہیں کیا۔ لیکن اس سے نئے سوالات اور نئے اسرار جنم لیتے ہیں۔ اس کے باوجود تجربہ گاہوں میں ان نظریات کی مساواتوں کو استعمال کرنے والے اپنا کام جاری رکھتے ہیں۔ لیکن مضامین اور کانفرنسوں میں جو حالیہ سالوں میں کافی بڑھ گئی ہیں، طبیعات دان اور فلسفی اپنی تلاش جاری رکھتے ہیں۔ اپنے جنم کے ایک صدی بعد آج نظریہ کوانٹم کیا ہے۔۔۔ حقیقت کی اصل ماہیت میں ایک گہری ڈُبکی؟۔۔۔ ایک صریح غلطی (Blunder) جو محض حادثاتی طور پر کام کر گئی؟۔۔۔ یا پھر دنیا کی ساخت کے بارے کسی عمیق راز کی طرف اشارہ جس کو ہم ابھی مکمل طور پر سمجھ نہیں پائے؟

جب آئن شٹائن فوت ہوا تو اس کے سب سے بڑے نظریاتی حریف بوہر نے اُس کے لیے نہایت جذباتی تعریفانہ کلمات کہے۔ کچھ سالوں بعد جب بوہر کی وفات ہوئی تو کسی نے اس کے کمرہ مطالعہ کے تختہ سیاہ کی تصویر لی۔ اس کے اوپر ایک ڈرائینگ بنی ہے۔ آئن شٹائن کے ’’روشنی کے ڈبّے والے تخیلی تجربے کی ڈرائینگ‘‘۔ اس سبق کے اختتام پر حرفِ آخر کے طور پر میں یہی کہوں گا: خود کو للکارنے اور زیادہ سے زیادہ سمجھنے کی خواہش اور آخر میں سب سے اہم بات: شک۔