بارپیما کی ایجاد
نئے اور پرانے خیالات کا تصادم

کمال ابدالی

پس منظر

اِس مضمون کا موضوع یہ ہے کہ بارپیما (barometer) یعنی ہوا کا دباؤ ناپنے کا آلہ کس طرح وجود میں آیا۔ موسم کو سمجھنے کے لیے درجۂ حرارت، ہوا کی تیزی یا سکون کی حالت، دھوپ یا بارش کی کیفیت، وغیرہ ہی کی طرح ہوا کا دباؤ جاننا بھی ضروری ہے جو یہ آلہ فرہم کرتا ہے۔ یہی اِس آلے کا سب سے اہم مصرف ہے۔ لیکن اِس آلے سے کچھ دوسرے مقصد بھی پورے ہوتے ہیں۔ ایک مخصوص استعمال کے متعلق مندرجہ ذیل کہانی اکثر سننے میں آتی ہے۔ کوپن ہیگن یونیورسٹی میں ایک دفعہ طبیعیات کے امتحان میں یہ سوال پوچھا گیا کہ بارپیما کی مدد سے کسی فلک بوس عمارت کی اونچائی کیسے معلوم کی جا سکتی ہے۔ سیدھا سادہ اور متوقع جواب یہ تھا کہ بارپیما کے ذریعے عمارت کے قریب زمین کی سطح پر اور پھر عمارت کی چھت پر ہوا کا دباؤ پڑھ لیا جائے اور ان دونوں اعداد سے حساب کر کے عمارت کی اونچائی نکالی جائے۔ لیکن ایک طالب علم کا جواب یہ تھا کہ بارپیما کو رسّی سے باندھ کر کے عمارت کی چھت سے نیچے لٹکایا جائے اور جب یہ زمین کو چھو لے تو رسّی کے چھت کے پاس والے کنارے پر نشان لگا کر بارپیما کو واپس کھینچ لیا جائے۔ اس نشان سے بارپیما تک رسّی کی جو لمبائی ہے وہی عمارت کی اونچائی ہو گی! اس طریقے میں بارپیما استعمال تو ہوا تھا مگر اس کا بارپیما کے اصول سے کوئی تعلق نہیں تھا، اس لیے ممتحن نے طالب علم کو اس پرچے میں فیل کر دیا۔

طالب علم نے اپیل کی کہ اس کا جواب صحیح تھا اور اسے فیل کرنے میں ممتحن نے غلطی کی تھی۔ یونیورسٹی نے ایک تحقیقاتی کمیٹی بنا کر اپیل کا فیصلہ اس کے سپرد کر دیا۔ اس کمیٹی کے سامنے جب طالب علم حاضر ہوا تو کمیٹی نے طالب علم کو اسی سوال کا جواب زبانی بتانے کا حکم دیا۔ طالب علم نے کہا کہ اس کے کئی جواب ممکن ہیں اس لیے اس کی سمجھ میں نہیں آرہا ہے کہ وہ کون سا جواب دے۔ کمیٹی کے سربراہ نے کہا کہ اچھا ایسا ہے تو جو جو جواب تمہارے ذہن میں ہیں وہ سب ہی بتا دو۔ طالب علم نے یہ جواب پیش کیے: (1) بارپیما کو عمارت کی چھت سے زمین پر گرایا جائے اور اس کے گرنے کا وقت ناپ کر قانونِ تجاذب کی مساوات حل کر کے عمارت کی اونچائی نکال لی جائے۔ (2) اگر دھوپ نکلی ہوئی ہو تو عمارت کا سایہ اور بارپیما کا سایہ ناپ لیا جائے۔ بارپیما کی لمبائی بھی ناپ لی جائے۔ اب چونکہ بارپیما کی لمبائی اور دونوں سایوں کی لمبائی معلوم ہے اس لیے تناسب کے حساب سے عمارت کی اونچائی معلوم ہو سکتی ہے۔ (3) عمارت کے چوکیدار کو عمارت کی اونچائی ضرور معلوم ہو گی۔ اس لیے ناپ جوکھ کے بکھیڑوں میں پڑے بغیر چوکیدار سے یہ اونچائی پوچھ لی جائے اور اس جواب کے معاوضے کے طور پر بارپیما اس کو دے دیا جائے۔ (4) ایک طریقہ یہ بھی ہے کہ بارپیما سے زمین پر کا اور عمارت کی چھت پر کا ہوائی دباؤ پڑھ لیا جائے۔ ان دونوں اعداد کے ذریعے بھی عمارت کی اونچائی معلوم کی جا سکتی ہے۔ مگر یہ طریقہ عملاً تشفی بخش

نہیں ہے اس لیے اس کی تفصیل میں جانے کا کوئی فائدہ نہیں ہے۔ یہ سب کچھ سن کر کمیٹی کو اطمینان ہو گیا کہ یہ طالب علم بال کی کھال نکالنے والا اور کج بحث تو یقیناً ہے مگر پھر بھی طبیعیات سے اتنا ناواقف نہیں ہے جتنا کہ اس کے امتحان کے جواب سے تاثّر ہوا تھا۔ چنانچہ کمیٹی نے طالب علم کو پاس کر دیا۔

کہانی میں "پنچ لائن" (اختتامی نکتہ) کے طور پر یہ مذکور ہے کہ استادوں کو زک دینے والا یہ طالب علم نیلس بور [1] تھا، جو بعد میں ایک شہرۂ آفاق سائنسداں ثابت ہوا!

اس میں شبہہ نہیں کہ یہ قصّہ دلچسپ بھی ہے، اوراس سے یہ اہم سبق بھی ملتا ہے کہ سائنس کے عملی اطلاق کے لیے صرف اصولوں کا جاننا کافی نہیں ہے بلکہ استعمال کے موقعے اور مناسبت پر غور کرنا بھی ضروری ہے۔ اس کے علاوہ اس قصّے سے بور کی غیر معمولی ذہانت، ذہن کی اُپج، غیر روایت پسندی، اور اپنا سکّہ منوانے کی صلاحیت کا یقیناً بھر پور ثبوت ملتا ہے۔ مگر انصاف کی رو سے دیکھیں تو بور کا یہ دعویٰ صحیح نہیں ہے کہ بار پیما سے چند سَو فُٹ کی اونچائی معلوم کرنے کا خیال مضحکہ خیز اور عملاً بے فائدہ ہے۔ بار پیما کی ایجاد کے وقت سے خود بور کے زمانے تک یہ آلہ مستقل اس کام کے لیے استعمال ہوتا آیا تھا۔ ایک مشہور مثال بور کے کالج کی طالب علمی کے زمانے سے بھی تقریباً سوا سو سال پہلے کی ہے۔ امریکا کے صدر بنجیمن فرینکلن [2] نے ستّر سال کی عمر میں بڑی کمزور بینائی کے باوجود اپنے گھر کے قریب کی ایک 280 فٹ اونچی پہاڑی کا ارتفاع پارہ بھرے بار پیما سے صحیح صحیح نکالا تھا۔ (یہ تجربہ سائنس کے شیدائی فرینکلن نے امریکا کے سالِ خود مختاری یعنی 1776 میں سیاسی اور دستوری خلفشار کے دوران وقت نکال کر کیا تھا!) سطحِ زمین سے ہر سَو فٹ کی بلندی پر پارہ بھرے بار پیما میں پارہ کی سطح تقریباً ساڑھے تین ملی میٹر نیچی ہو جاتی ہے، جس کی پیمائش کوئی مشکل بات نہیں۔ اس لیے دس یا زیادہ منزلوں کی عمارتوں کی اونچائی کا اندازہ عملاً بالکل ممکن ہے۔ اس کے علاوہ بور کا زمانہ آنے تک ورنیئر اور خورد پیما (مائکرومیٹر) نامی آلاتِ پیمائش ایجاد ہو چکے تھے جن سے ملی میٹر کے دسویں حصّے تک کو آسانی سے ناپا جا سکتا تھا۔

بہر حال قاری کے اس قصّہ سے پوری طرح محظوظ ہو لینے کے بعد اب یہ بیان کرنا مناسب لگتا ہے کہ بور کے سوانح نگاروں اور جدید سائنس کے مؤرّخوں کی نظر میں یہ ایک حقیقی واقعہ نہیں ہے، بلکہ کسی بذلہ سنج سائنسداں کی اختراع ہے! لیکن پھر بھی اس فرضی کہانی کا پورا لطف اٹھانے کے لیے بارپیما کے کام کرنے کا اصول سمجھنا ضروری ہے۔

اب ہم اصلی موضوع کی طرف لَوٹتے ہیں کہ بارپیما کیا ہے اور کس طرح وجود میں آیا۔ یہ کہانی سائنس کی ترقی کی تاریخ میں ایک اہم باب ہے، کیونکہ اس ایجاد کے پسِ منظر میں بیک وقت بہت سارے پرانے اور نئے خیالات کی آویزش نظر آتی ہے۔

---

[1] نیلس ہنرک ڈیوڈ بور (Niels Henrik David Bohr) (1885–1962)۔ ڈنمارک کا طبیعیات داں جس کا شمار بیسویں صدی کے عظیم ترین سائنسدانوں میں ہوتا ہے۔ اس کا بڑا کارنامہ یہ ہے کہ اس نے نظریۂ کوانٹم کے تصورات کے ذریعے جوہر کی ساخت اور جوہر کے اندر برقیوں کے مداروں کے مقام کی صحیح تصریح اور توضیح کی۔ اور یہ ثابت کیا کہ جب جوہر میں کوئی برقیہ اونچے مدار سے نیچے مدار میں اترتا ہے تو جوہر سے ایک ضیائیہ (روشنی کا بنیادی ذرّہ) خارج ہوتا ہے۔ بور کی اہم تحقیقی خدمات کے لئے اس کو 1922 کا طبیعیات کا نوبیل انعام دیا گیا۔

[2] بنجیمن فرینکلن (Benjamin Franklin) (1706–1790)۔ امریکا کا چھٹا صدر جس کا امریکا کی تحریکِ خود مختاری اور دستور سازی میں بہت بڑا حصّہ ہے۔ فرینکلن بیک وقت قانون داں، قانون ساز، سیاست داں، مدبّر، ادیب، سائنسداں، اور موجد تھا۔ جمہوری ریاست کی نوعیّت اور ساخت پر اس کے کام کی بنیاد پر اس کا شمار نظریۂ سیاست کے عظیم ترین مفکّرین میں ہے۔ سائنس میں اس نے پہلی دفعہ یہ ثابت کیا کہ بادلوں میں چمکنے والی بجلی اور زمین پر چیزوں کی رگڑ اور دوسرے طریقوں سے پیدا کی جانے والی بجلی ایک ہی قوت کے مظاہر ہیں۔ اس کی ایجادوں میں بائی فوکل عینک اور عمارتوں کو آسمانی بجلی سے بچانے کے لئے لگائی جانے والی مُوصِل سلاخ شامل ہیں۔ امریکا کے اب تک کے 44 صدروں میں سے کوئی بھی ذہانت، قابلیت، علم، ادب اور فنونِ لطیفہ کے اعلیٰ ذوق، وسعتِ مطالعہ، اور سائنس، قانون، اور نظریۂ سیاست پر ٹھوس کام میں فرینکلن کا مقابلہ نہیں کر سکتا۔

خلا سازی کا امکان

عام طور پر ناپنے کے آلے اس لیے ایجاد ہوتے ہیں کہ کسی پہلے سے جانی پہچانی مقدار یا صفت کی پیمائش کی ضرورت ہوتی ہے۔ مثلاً ناپنے کا گز پہلے پہلے اس لیے بنایا گیا ہو گا کہ کپڑے کی طرح کی چیزوں کی خرید و فروخت میں مالِ تجارت کی لمبائی ناپ کر اس کا دام متعیّن کیا جا سکے۔ یا بخار کی شدّت ناپنے کے لیے حرارت پیما (تھرمامیٹر) ایجاد ہوا۔ یا تیز چلنے والی گاڑیاں بننے لگیں تو پھر ان کے لیے رفتار پیما ایجاد ہوئے۔ مگر بار پیما کی ایجاد پیمائش کے آلے کے طور پر نہیں ہوئی، کیونکہ اس سے جو مقدار ناپی جاتی ہے، یعنی فضائی ہوا کا دباؤ، اس کا کوئی تصور اس آلے کے بننے سے پہلے موجود ہی نہیں تھا۔ بار پیما "خلا" پیدا کرنے کی کوششوں میں وجود میں آیا۔

خلا (vacuum) کسی ایسے خِطّے کو کہتے ہیں جس میں کسی قسم کا مادّہ نہ پایا جائے۔ زمین کے آس پاس مطلق خلا تقریباً ناممکن ہے کیونکہ یہاں کی فضا میں ہر طرف مادّی ذرّات بکھرے ہوئے ہیں۔ مگر عملی طور پر خلا ایسے خطّے کو کہا جا سکتا ہے جہاں مادّے کی مقدار نامحسوس حد تک کم ہو۔ مثلاً زمین کی سطح پر کی ہوا میں ہر مکعب سنٹی میٹر میں ہوا کے سالمات کی تعداد تقریباً 30 ارب ارب ہوتی ہے۔ (اس عدد کو لکھنے کے لیے 3 کی داہنی طرف 19 صفر لگائیے۔) اس لیے اگر کسی عمل کے ذریعے کسی بند برتن میں سے اتنی ہوا نکال لی جائے کہ فی مکعب سنٹی میٹر صرف چند ارب سالمات باقی رہ جائیں، تب بھی ہم یہ بجا طور پر کہہ سکتے ہیں کہ اس برتن میں خلا ہے۔

مگر اس سے پہلے کہ خلا پیدا کرنے کے طریقے سوچے جائیں، یہ سوال جواب طلب ہے کہ آیا خلا پیدا ہو بھی سکتا ہے یا نہیں۔ بار پیما کی ایجاد سے پہلے تقریباً سارے علما متّفق تھے کہ اس سوال کا جواب نفی میں ہے۔ اور یہ رائے کم از کم دو ہزار سال سے چلی آ رہی تھی۔ مشہور یونانی فلسفی ارسطو (Aristotle) (384 ق م-322 ق م) کا خیال تھا کہ اگر کسی جگہ میں موجود مادّے کو کسی طرح سے نکال دیا جائے، تو اس میں اس جگہ کے آس پاس کا دوسرا مادّہ گھس آئے گا۔ اس لیے خلا کا وجود ناممکن ہے۔ اس خیال کو ادا کرنے کے لیے ارسطو سے یہ مشہور مقولہ منسوب ہے: "فطرت کو خلا سے نفرت ہے"۔ انگریزی میں: "Nature abhors a vacuum."

پینے کی نلی یعنی اِسٹرا سے سوڈا یا پانی پینے میں ایک طرح سے ارسطو کے مقولے کا مظاہرہ ہوتا ہے۔ جب آپ پانی سے بھرے ہوئے گلاس میں اسٹرا ڈال کر اسٹرا کے کھلے کنارے کو منہ میں لے کر چوستے ہیں تو اسٹرا میں بھری ہوئی ہوا کھنچ کر آپ کے منہ میں چلی آتی ہے۔ اس سے اسٹرا میں خلا واقع ہوتا ہے جو پھر ارسطو کے قول کے مطابق فوراً گلاس کے پانی سے بھر جاتا ہے۔ جب آپ اس پانی کو بھی چوس کر پی لیتے ہیں۔ تو پھر پیدا شدہ خلا نئے پانی سے بھر جاتا ہے۔ اور یہ سلسلہ گلاس خالی ہونے تک جاری رہ سکتا ہے۔

عام طور پر اسٹرا تقریباً 20 سنٹی میٹر لمبا ہوتا ہے۔ اگر آپ کے قد جتنا لمبا اسٹرا دستیاب ہو تو آپ فرش پر رکھے ہوئے گلاس میں اس لمبے اسٹرا کو ڈال کر کھڑے کھڑے بھی پانی پی سکتے ہیں۔ سوال یہ ہے کہ پانی کی سطح سے کتنی اونچائی تک اسٹرا کے ذریعے پانی پیا جا سکتا ہے۔ مثلاً کیا آپ بہت لمبے اسٹرا کے ذریعے کسی کھلے منہ کے بہت گہرے کنویں کا پانی کنویں کی منڈیر پر کھڑے ہو کر نکال سکتے ہیں؟ یا اگر آپ کو تماشا دکھانے کا بہت شوق ہو اور آپ کے پھیپھڑے بہت طاقتور ہوں اور آپ کو بہت لمبا اسٹرا دستیاب ہو تو کیا آپ کسی عمارت کی پچاسویں منزل کی بالکنی پر کھڑے ہو کر اس عمارت کے نیچے کے فٹ پاتھ پر رکھے ہوئے گلاس کا پانی پی سکتے ہیں؟ اگر ارسطو کا خیال صحیح ہے (اور آپ کے پھیپھڑوں میں حسبِ ضرورت طاقت ہے!) تو پانی کے کھلے ذخیرے کی سطح سے چاہے آپ کتنی ہی اونچائی پر ہوں، آپ کے اسٹرا سے وہ پانی پی سکنے میں کوئی قوّت مانع نہیں ہونی چاہیے، کیونکہ فطرت کی خلا سے دشمنی آپ کے حق میں کام کرے گی۔

ظاہر ہے کہ ایک دو میٹر سے زیادہ تک منہ سے پانی کھینچنا ہر شخص کے بس کی بات نہیں ہے۔ لیکن اس سے زیادہ اونچائی کے لیے میکانکی انتظام ہو سکتا ہے۔ پمپ ایسے آلے کو کہتے ہیں، جس میں دو سِرے ہوتے ہیں اور پمپ کے عمل کے دوران ایک سِرے سے کوئی

مایع یا گیس کھینچ کر دوسرے سِرے کی طرف منتقل کی جاتی ہے۔ بائیسکل کے پہیے میں ہوا بھرنے کے لیے جو پمپ استعمال ہوتا ہے اسے ہوائی پمپ (air pump) کہتے ہیں۔ اس سے باہر کی ہوا کھینچ کر پہیے کے اندر کی ربڑ کی بنی ہوئی بند نلی (بائیسکل کی ٹیوب) میں ڈالی جاتی ہے۔ اس پمپ سے ملتے جلتے مگر الٹا چلنے والے آلے کو "چوس پمپ" (suction pump) کہتے ہیں، جو کسی بند جگہ کی ہوا کو کھینچ کر باہر نکال دینے کے لیے استعمال ہوتا ہے۔ اس لیے پانی کے ذخیرے میں لمبی نلی ڈال کر پانی کو چوس پمپ کی مدد سے اوپر کھینچا جا سکتا ہے۔

خلا کا ایک نیا مظہر

سترہویں صدی کے آغاز میں اٹلی کے شہروں میں تجارت اور حرفت میں غیر معمولی ترقی ہونے کی وجہ سے وہاں بہت خوش حالی پھیل رہی تھی۔ امیروں کی تعداد بڑھ رہی تھی اور امیر طبقے کے لوگ بڑی بڑی کوٹھیاں اور محل تعمیر کروا رہے تھے۔ یہاں اِسٹرا سے پانی پینے ہی کے اصول کے مطابق دریا سے یا زمین پر رکھے ہوئے پانی کے ذخیروں سے مکان کی بالائی منزلوں تک پانی پہنچانے کا طریقہ شروع ہوا۔ پانی میں لمبے لمبے پائپ کھڑے کیے جاتے تھے اور پائپ کے اوپر کے سرے کو بند کر کے اس میں چوس پمپ لگا کر پانی کھینچا جاتا تھا۔ لیکن ان کوششوں کے دوران ایک عجیب و غریب بات یہ دیکھنے میں آئی کہ چوس پمپوں کے ذریعے صرف دس میٹر کے قریب اونچائی تک پانی چڑھ پاتا تھا۔ (اس اونچائی کا صحیح ناپ 10.33 میٹر یعنی 1033 سنٹی میٹر ہے۔)

لمبے اسٹرا سے اونچائی پر سے پانی پینے کے امکان کا جو سوال اوپر بیان ہوا ہے، اُس کا جواب اب اِس پرانے اطالوی مشاہدے کی رُو سے یہ ہو گا: اگر عمارتوں کی منزلوں کی اوسط اونچائی کو ساڑھے تین میٹر مانا جائے، تو فٹ پاتھ پر رکھے ہوئے گلاس میں اسٹرا ڈال کر آپ پہلی، دوسری، اور تیسری منزل تک کی بالکنی پر کھڑے ہو کر تو پانی پی سکتے ہیں لیکن اس سے اوپر کی منزلوں سے نہیں، کیونکہ عمارتوں کی تیسری منزل زمین سے تقریباً دس میٹر بلند ہوتی ہے، جو چوس کر پانی اوپر کھینچنے کی حد ہے۔

خلا کے بارے میں جو خیالات اس زمانے میں رائج تھے ان کی بنیاد پر چوس پمپ کی مدد سے پانی کے صرف دس میٹر تک اُٹھائے جا سکنے کے نئے انکشاف کی وجہ بتانا مشکل تھا۔ ہوا سے خالی کیے ہوئے پائپ میں پانی کے اوپر چڑھنے کی وجہ اگر یہ ہے کہ فطرت کو خلا سے نفرت ہے تو اس اصول کا اطلاق ہر اونچائی پر ہونا چاہیے تھا۔ فطرت کی محبّت اور نفرت کا صرف دس میٹر تک کے لیے محدود ہونا بہت مصنوعی (اور غیر فطرتی!) لگتا ہے۔

خلا کے کھنچاؤ کا نظریہ (گیلی لیو)

چوس پمپ کی مدد سے بالائی منزلوں تک پانی چڑھانے کی کوشش میں اونچائی کے محدود ہونے کا انکشاف عظیم اطالوی سائنسداں گیلی لیو [3] کی زندگی کے دوران ہی ہوا تھا۔ اس حد کا اپنی آنکھوں سے مشاہدہ کرنے والوں میں سرِ فہرست جووانّی بالیانی [4] نامی ایک اطالوی ریاضی داں تھا۔ اس نے گیلی لیو کو 1630 میں خط لکھ کر اسے اس تجربے کی اطلاع دی اور اس مشاہدے کی توجیہ پوچھی۔ گیلی لیو ارسطو کے دوسرے دو مقولوں کی پہلے ہی تردید کر چکا تھا۔ یعنی اونچائی سے بیک وقت گرائی ہوئی بھاری اور ہلکی چیزوں کا بیک وقت زمین پر پہنچنا، اور سورج کا زمین کے گرد گھومنا۔ ارسطو کا یہ تیسرا مقولہ (فطرت کی خلا سے نفرت) بھی گیلی لیو کے لیے تشفی بخش نہیں تھا، کیونکہ اس میں خلا سے ایک مطلق اور غیر محدود صفت وابستہ کی جا رہی تھی۔ گیلی لیو فطرت کے ہر مظہر کو ایک میکانکی تشریح کے ذریعے سمجھنا چاہتا تھا۔ چنانچہ اس نے یہ توجیہ سوچی کہ خلا آس پاس کے ذرّات کو اپنی طرف کھینچتا ہے، مگر کھینچنے کی یہ قوت لامتناہی نہیں بلکہ محدود ہے۔ جس طرح اگر بہت سی چیزوں کو ایک رسّی میں باندھ کر لٹکایا جائے تو ایک حد تک وزن کو تو رسّی سہار پائے گی مگر اس سے زیادہ کو نہیں، اور حد سے زیادہ وزن لٹکانے کی کوشش کی جائے گی تو پھر رسّی ٹوٹ جائے گی۔ اسی طرح پائپ کے اندر جمع شدہ پانی کی صرف ایک حد تک مقدار کو خلا اپنی طرف کھینچ سکتا ہے۔ اور گیلی لیو کے خیال میں مشاہدے سے اس حد کا تعیّن بھی ہو گیا، یعنی کہ خلا میں تقریباً دس میٹر اونچے پانی کے ستون کو کھینچ کر اٹھائے رکھنے کی صلاحیت ہے۔

جیسا کہ بعد میں واضح ہو گا، گیلی لیو کی یہ توجیہ غلط تھی۔ مگر یہ اس لحاظ سے سائنسی نقطۂ نظر کی رُو سے زیادہ قابلِ قبول تھی کہ اس میں کسی مطلق تصور کی بجائے ایک ایسی محدود قوت کا مفروضہ استعمال ہوا تھا جس کی شدّت کو ناپا جا سکتا تھا بلکہ اس کا پیشگی تخمینہ بھی لگایا جا سکتا تھا۔

خلا پیدا کرنے کا ایک نیا طریقہ

چوس پمپ کی ہوا کھینچنے کی قوّت بہت حد تک اس پر منحصر ہے کہ وہ کتنا اچھا بنا ہوا ہے۔ اس لیے پانی کے پوری طرح اوپر نہ پہنچنے کی وجہ یہ بھی بتائی جا سکتی تھی کہ چوس پمپ کی خامی کی وجہ سے مکمل خلا نہیں پیدا ہو سکا۔ اس لیے چوس پمپ کے بغیر ہی خلا پیدا کرنے

---

[3] گا لی لے او۔ گا لی لے ای (Galileo Galilei) (1564–1642) ۔ اطالوی سائنسداں۔ یہ مغرب کے نشأۃ ثانیہ کی ابتدا سے لے کر نیوٹن کے عہد تک کا سب سے عظیم سائنسداں ہے۔ فلکیات اور میکانیات میں اس کا کام انقلاب آفرین نکلا۔ میکانیات کے تجربوں سے اس نے جسموں کی حرکت کے قوانین اخذ کیے۔ دوربین اس کے زمانے کی تازہ ایجاد تھی۔ اس کو استعمال کر کے تاریخ میں پہلی دفعہ گیلی لیو نے چاند اور سیّاروں کی سطح کا مشاہدہ کیا اور سیّاروں کے چاند دریافت کیے۔ اجرامِ فلکی کے بارے میں نئی معلومات سے کائنات کے بارے میں خیالات میں بڑی تبدیلی آئی۔ اس وقت عام طور پر لوگ ارسطو کے اس قول پر یقین رکھتے تھے کہ زمین ساکن ہے اور سورج سمیت سارے سیّارے زمین کے گرد گھوم رہے ہیں۔ کلیسا اس خیال کو دینی عقیدہ تسلیم کرتا تھا۔ اس لئے جب نیکولاؤس کوپرنیکس (1473–1543) (Nicolaus Copernicus) نے اس سے متضاد نظریہ پیش کیا کہ سورج ساکن ہے اور زمین سمیت سب سیّارے سورج کے گرد گھومتے ہیں تو اس کی کتاب ممنوع کر دی گئی۔ (یہ خیال نیا نہیں تھا لیکن اس کی تفصیلی اور مربوط پیشکش نئی تھی۔) گیلی لیو نے کوپرنیکس کے نظریے کی حمایت کی جس کو کلیسا نے جرم ٹھہرایا۔ پاداش میں گیلی لیو نظر بند کیا گیا اور اسے کئی طرح کی عقوبتیں جھیلنی پڑیں۔ لیکن بالآخر شمس مرکزی نظریے کی فتح ہوئی۔ اس کی قبولیت میں گیلی لیو کے مشاہدے اور دلیلوں کا بڑا حصہ ہے۔ سائنس کے طریقۂ کار پر بھی گیلی لیو کے کام کا بہت اثر ہوا۔ اس لیے گیلی لیو کو جدید سائنس کا بانی سمجھا جاتا ہے۔

[4] جو وان نی۔ باتیس تا۔ بالی آنی (Giovanni Batista Baliani) (1582–1666) ۔ اطالوی۔ ریاضی، طبیعیات، اور فلکیات کا ماہر۔ آبیات (hydrology) کا انجنیر۔ وہ مجسٹریٹ قسم کے سرکاری عہدوں پر بھی فائز رہا۔

کی کوششیں شروع ہوئیں۔ اس کوشش میں آگے آگے کچھ اطالوی سائنسداں تھے جن میں سب سے سرگرم ایک کم عمر نوجوان گاسپارو بیرتی [5] تھا۔ اس کے تجربے کے بیان سے پہلے یہ تعریف ضروری ہے کہ ٹیوب ایسی نلی کو کہتے ہیں جس کا ایک سرا بند ہو۔ تجربہ گاہوں میں استعمال ہونے والی ٹیوب (ٹیسٹ ٹیوب) عموماً دس سے تیس سنٹی میٹر لمبی ہوتی ہے۔ ایسی ایک ٹیوب کو پانی سے بھر کر اور اس کے کھلے منہ کو انگلی سے بند کر کے ایک پانی سے بھرے برتن میں یوں کھڑا کیا جائے کہ ٹیوب کا بند سرا برتن کے پانی کی سطح سے اوپر ہو اور کھلا منہ (جو انگلی سے بند ہے) پانی میں ڈوبا رہے۔ پھر ٹیوب کو کھڑا کھڑا پکڑے ہوئے رکھ کر اس کے منہ سے انگلی ہٹالی جائے تو ٹیوب کا پانی برتن میں نہیں گرے گا بلکہ ٹیوب ہی میں کھڑا رہے گا۔ پانی کے اس برتاؤ کی ارسطاطالیسی توجیہ، کہ فطرت کو خلا سے نفرت ہے، بالکل صحیح نظر آتی ہے، کیونکہ اگر ٹیوب کا پانی بہہ کر نیچے چلا جائے تو ٹیوب میں خلا واقع ہو جائے گا۔ مگر فطرت ایسا نہیں ہونے دے گی۔

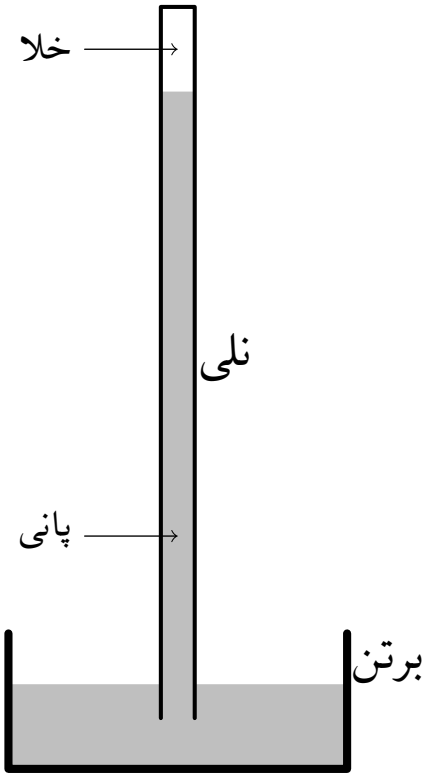
بیرتی اور اس کے ساتھیوں نے اسی قسم کا تجربہ شیشے کی بہت لمبی لمبی نلیوں سے ٹیوب بنا کر کے ان کے ساتھ دہرایا۔ یعنی سب سے پہلے (1) نلی کا ایک سرا ڈاٹ وغیرہ لگا کر اچھی طرح سَر بمہر (seal) کر لیا گیا، پھر (2) نلی کو پورا پانی سے بھر کر اس کا دوسرا سرا بھی ڈاٹ سے بند کر لیا گیا۔ پھر (3) ایک پانی بھرے برتن میں نلی کو کسی سہارے کے فریم میں کَس باندھ کر کے اس طرح سیدھا کھڑا کیا گیا کہ نلی کا سر بمہر سرا اوپر اور دوسرا سرا پانی میں ڈوبا ہوا تھا۔ پھر (4) پانی میں ڈوبے ہوئے سِرے پر لگی ہوئی ڈاٹ کو نکال لیا گیا۔ اس طرح اب نلی کے اندر کا پانی نیچے بہہ کر برتن میں جا سکتا تھا۔ مشاہدے سے یہ معلوم ہوا کہ چھوٹی نلیوں میں تو پانی بھرا کا بھرا رہا اور بالکل برتن میں نہیں گرا، لیکن لمبی نلیوں کا پانی اس حد تک گر کر برتن میں چلا گیا کہ نلی میں پانی کی سطح برتن کے پانی کی سطح سے تقریباً دس میٹر اونچی رہی۔ اور نلی کے اوپر کا حصہ خالی ہو گیا۔ اس تجربے میں مشاہدہ کی ہوئی دس میٹر کے قریب اونچائی بالکل اتنی ہی نکلی، جو چوس پمپ کے ذریعے کوٹھیوں میں پانی اوپر چڑھانے کی حد ثابت ہوئی تھی۔ اس تجربے کو ترتیب دینے میں بڑی جدّت دکھائی گئی تھی اور اس کا نتیجہ بالکل غیر متوقع تھا۔ جیسا کہ آگے ظاہر ہو گا اس کے اثرات عملی اور نظری دونوں لحاظ سے بہت دور رَس ثابت ہوئے۔ اس لیے بیرتی کا تجربہ سائنس کے اہم ترین تجربوں میں شمار ہوتا ہے۔ یہ تجربہ 1641 کے قریب کیا گیا۔

بیرتی کے تجربے کی وضاحت شکل 1 سے ہوتی ہے۔ اس تجربے کا اور اس میں استعمال ہونے والی چیزوں کا ہمیں بار بار ذکر کرنا ہے۔ اس لیے اختصار اور سہولت کے لیے ہم برتن، نلی اور پانی کے اس مجموعے کو "بار پیا" کہیں گے۔ فی الوقت اس اصطلاح کو کسی آلۂ پیمائش کا نام نہیں، بلکہ صرف ایک تجربے کے سامان کا نام سمجھنا چاہیے۔ بیرتی کے خیال کے مطابق اس سامان کا مقصد خلا پیدا کرنا تھا۔

چوس پمپ کی کمزوری کی وجہ سے پورا خلا پیدا نہ ہو سکنے کا جو بہانہ پہلے ممکن تھا، بیرتی کے مشاہدے میں اس کی گنجائش نہیں باقی تھی، کیونکہ اب چوس پمپ کے استعمال کے بغیر خلا پیدا کیا گیا تھا۔ نلی کا نچلا منہ کھلنے سے پہلے نلی پانی سے بھری ہوئی تھی۔ نلی کا اوپر کا سرا سربمہر (sealed) تھا۔ اس لیے جب نلی کا نچلا منہ کھول دینے پر نلی کا کچھ پانی بہہ کر برتن میں آرہا تھا، تو نلی کے اوپر کے خالی ہوتے ہوئے سرے میں کسی اور مادّے کے داخل ہونے کے لیے کوئی رستہ نہیں تھا۔ اس لیے جتنا پانی اوپر سے نیچے کی طرف گرا اس کی جگہ یقیناً مادّے سے خالی رہی۔ یہ خلا نلی میں صاف صاف دکھائی دے رہا تھا۔ اور فطرت کے خلا سے نفرت کرنے کے اصول کی خلاف ورزی نظروں کے سامنے تھی۔

گیلی لیو نے چوس پمپ کے تجربوں کی جو توجیہ بتائی تھی، وہی یہاں بھی کام آتی تھی کہ نلی میں پانی اس لیے موجود تھا کہ خلا اس پانی کو کھینچ رہا تھا۔ اور نلی کے اندر پانی صرف اتنی ہی اونچائی تک رہتا تھا جس حد تک اس کو کھینچنے کی طاقت خلا میں ممکن تھی۔ گیلی لیو کی اس

[5] گاس پارو۔ بیرتی (Gasparo Berti) (1600–1643)۔ اطالوی۔ ریاضی داں اور طبیعیات کا ماہر۔ جامعہ روم میں ریاضی کا پروفیسر۔



شکل 1: بیرتی کا تجربہ۔ بار پیما

توجیہ پر مندرجہ ذیل اعتراض اُٹھایا جا سکتا ہے۔ اگر خلا کی قوت نلی میں موجود پانی کے ستون کے وزن سے متعیّن ہوتی ہے تو چونکہ ایک بہت موٹی سی نلی میں پانی کے بہت کم اونچے ستون کا وزن اتنا ہی ہو گا جتنا کہ ایک بہت پتلی سی نلی میں نسبتاً بہت زیادہ اونچے ستون کا، اس لیے اگر یکے بعد دیگرے مختلف موٹائیوں کی نلیاں لگا کر تجربہ دہرایا جائے تو ہر نلی میں پانی کے ستون کی اونچائی مختلف ہونی چاہیے۔ موٹی نلیوں میں کم اور پتلی نلیوں میں زیادہ۔ لیکن تجربے کے مطابق یہ اونچائی ہمیشہ ایک ہی ناپ کی نکلتی ہے یعنی تقریباً دس میٹر۔ ذرا سا غور کرنے پر یہ اعتراض بے بنیاد ثابت ہوتا ہے۔ خلا کا حجم اور مقدار دونوں ہی پتلی نلی کے مقابلے میں موٹی نلی میں زیادہ ہوتے ہیں، اس لیے خلا کی قوت اسی تناسب سے زیادہ ہوتی ہے اور یہ قوت اسی ایک اونچائی یعنی دس میٹر کے (موٹے یا پتلے) پانی کے ستون کے وزن کو سہارا دے سکتی ہے۔

خلا پیدا ہونے کے دعوے پر شبہات اور اعتراضات

اس قسم کے تجربات کرنے والے مطمئن ہو گئے تھے کہ بار پیما کے ذریعے انھوں نے واقعی خلا پیدا کر لیا ہے۔ نلی کے خالی حصے کو خلا ماننے میں ان کی نظر میں کسی قسم کے شک و شبہے کی گنجائش نہیں باقی تھی۔ چنانچہ اب یہی لوگ تجربے کے نتیجوں کو پوری طرح سمجھنے اور اس کو عملی کاموں کے لیے استعمال کرنے کی کوششوں میں مصروف ہو گئے۔ لیکن اس زمانے کے بہت سے لوگ ارسطو کی

باتوں پر اتنا پکّا ایمان اور اعتقاد رکھتے تھے کہ وہ خلا پیدا ہونے کے امکان کو کسی طرح ماننے کو تیار نہیں تھے۔ یہ لوگ ارسطاطالیسی [6] (Aristotelian) کہلاتے تھے۔ ان لوگوں میں سے بعض نے خلا کی مخالفت میں ارسطو سے بھی آگے بڑھ کر کے یہ مذہبی دلیل بھی جمع کر دی تھی کہ چونکہ خدا ہر جگہ موجود ہے، اس لیے خلا کا وجود ناممکن ہے۔ اس لیے بار پیا کی نلی کے اوپر کے حصے میں جو خالی جگہ نظر آرہی تھی اس کو یہ لوگ خلا نہیں تسلیم کرتے تھے، اور اس کی کچھ اور توجیہ ڈھونڈھ رہے تھے۔

سب سے سادہ خیال تو یہ تھا کہ جس حصے کو خلا کہا جارہا ہے وہ حقیقتاً خالی نہیں بلکہ اس میں ابھی تک ہوا موجود ہے۔ خیال سیدھا سادہ تھا اس لیے اس کی تردید بھی بہت آسان ثابت ہوئی۔ لیکن اس تردید کے بیان کے لیے ایک اور تجربے کے ذکر کی ضرورت ہے۔

گیلی لیو کا ایک مشہور تجربہ سب کے حافظے میں تازہ تھا۔ ارسطو کا قول تھا کہ اگر مختلف وزنوں کی چیزیں اونچائی سے ایک ساتھ گرائی جائیں تو ہلکی چیزوں کے مقابلے میں بھاری چیزیں زمین پر پہلے پہنچیں گی۔اس خیال کی صحت کو آزمانے کے لیے گیلی لیو نے شہر پیزا (Pisa) کے مشہور جھکے ہوئے مینار (Leaning Tower) پر چڑھ کر اس کی اوپر کی منزل سے بیک وقت دو پتھر گرائے جن کا وزن بہت مختلف تھا۔ دونوں پتھر زمین پر ایک ہی وقت پر آکر گرے، اور اس طرح ارسطو کا قول غلط ثابت ہوگیا۔ لیکن یہ تردید اس لیے مکمل نہیں تھی کہ اگر ایک پتھر اور کوئی بہت ہلکی چیز جیسے کاغذ یا مرغی کا پَر ساتھ ساتھ گرائے جائیں تو واقعی ارسطو کی بات صحیح نکلتی ہے، کیونکہ کاغذ یا پَر کو پتھر کے مقابلے میں زمین پر پہنچنے میں بڑی دیر لگتی ہے۔ لیکن اس کی وجہ یہ بتائی جاسکتی تھی کہ بہت ہلکی چیزیں ہوا کی مزاحمت کی وجہ سے آہستہ آہستہ گرتی ہیں۔ مگر اگر واقعی بات یہی تھی تو پھر ضرورت تھی کہ کسی طرح یہی تجربہ ہوا کی مزاحمت کو کالعدم کر کے دُہرایا جائے تاکہ ارسطو کے مخالف دعوے کو واقعتاً ثابت کیا جاسکے۔ چنانچہ ایک نئے تجربے میں چوس پمپ کے ذریعے ہوا سے خالی کیے ہوئے ایک مرتبان کے اندر ایک پَر اور ایک سکّے کو ساتھ ساتھ گرایا گیا۔ اس دفعہ دونوں مرتبان کی تہہ تک بیک وقت پہنچے۔ لہٰذا اب وثوق سے یہ کہہ سکتے تھے کہ ارسطو کا قول غلط ہے، اور کسی اونچی جگہ سے بیک وقت گرائی ہوئی مختلف وزن کی چیزیں ایک ساتھ زمین پر پہنچتی ہیں۔

اب چوس پمپ کی مرتبان میں سے ہوا نکال سکنے کی کارکردگی دیکھ لی گئی تھی تو پھر اس کا بھی یقین کیا جاسکتا تھا کہ اس آلے نے پانی کے پائپوں میں بھی وہی کام کیا ہوگا، یعنی ان کے اندر کی بند ہوا کو مرتبان کے اندر کی بند ہوا ہی کی طرح نکال دیا ہوگا۔ بار پیا کی نلی کے خالی حصے میں بھی طرح طرح کے تجربات کیے گئے۔ پَر اور سکّے کا تجربہ ہوا یا نہیں، یہ معلوم نہیں۔ لیکن چوس پمپ کے ذریعے پائپوں میں پانی چڑھانے اور بار پیا کے مشاہدات میں اتنی مماثلت تھی کہ بار پیا کی نلی کے خالی حصے میں ہوا موجود ہونے کا اعتراض بھی قابلِ اعتنا نہیں رہا۔

ایک اور تجربہ ایسا ہوا کہ اس کے نتیجے کو ارسطاطالیسیوں نے اپنے موقف کی تصدیق قرار دیا۔ بار پیا کی نلی میں پانی بھرنے سے پہلے ہی اس کے اندر اس کے اوپر کے حصے میں ایک گھنٹی اور ایک چھوٹی سی ہتھوڑی باندھ دی گئیں۔ اور نلی کی نچلی ڈاٹ کھولنے کے بعد جب نلی کے اوپر کا حصہ پانی سے خالی ہوگیا تو نلی کے باہر ایک مقناطیس کو گھما پھرا کر ہتھوڑی کو گھنٹی پر گرایا گیا تاکہ گھنٹی بجے۔ تو اب گھنٹی کی آواز باہر صاف سنائی دی۔ ارسطاطالیسی کہتے تھے (جو بالکل صحیح ہے) کہ آواز خلا سے نہیں گزر سکتی، بلکہ اس کی ترسیل کے لیے ہوا کی ضرورت ہوتی ہے۔ چونکہ گھنٹی نلی کے خالی حصے میں تھی اور اس خالی حصے میں سے گزر کر گھنٹی بجنے کی آواز باہر موصول ہوئی، اس لیے جس جگہ میں خلا ہونے کا دعویٰ کیا جارہا تھا اس میں ارسطاطالیسیوں کے مطابق درحقیقت ہوا موجود تھی! مگر اس توجیہ پر سب کا متفق ہونا ضروری نہیں تھا۔ بلکہ اس پر یہ شبہہ کیا جاسکتا تھا کہ گھنٹی چونکہ نلی کی (شیشے کی) دیوار سے متّصل تھی، اس لیے گھنٹی کی آواز

[6] ارسطو کی عادت تھی کہ وہ لکچر دینے کے دوران مستقل ٹہلتا رہتا تھا۔ اس لیے اس کے مقلّدین کے لیے فلسفے کی کتابوں میں مشائین (Peripatetic) یعنی "چلتے رہنے والے لوگ" کی اصطلاح عام ہے۔ مگر سائنس کی کتابوں میں زیادہ تر ان کو ارسطاطالیسی (Aristotelian) کہا جاتا ہے۔

سے پہلے وہ دیوار مرتعش ہوئی، پھر نلی اور پھر برتن کا پانی مرتعش ہوئے۔ اس طرح آواز باہر پہنچی، خلا یا ہوا سے گزر کر نہیں آئی۔ مگر ارسطاطالیسی مصر رہے کہ بار پیا کی نلی کا بالائی حصّہ ہوا سے بھرا ہوا تھا۔

اس زمانے میں بہت سے لوگ یہ سمجھتے تھے کہ خلا میں سے آواز ہی کی طرح روشنی بھی نہیں گزر سکتی۔ مگر بار پیا کی نلی کے اوپر کے سرے کے پاس شیشے میں آنکھ لگا کر دیکھنے سے نلی کے پیچھے کا منظر دکھائی دیتا تھا۔ لہٰذا ارسطاطالیسیوں کی رائے میں پانی کے اوپر کے حصے کی خالی جگہ میں خلا نہیں ہو سکتا تھا کیونکہ اس میں سے گزر کر روشنی کی شعاعیں باہر آ رہی تھیں۔ لیکن اگر خلا نہیں تھا تو پھر اس میں کس قسم کا مادّہ تھا؟ ارسطو ہی سے منقول ایک اور پرانا خیال یہ تھا کہ ایتھر (aether) نامی ایک مادّہ ہر اس جگہ موجود ہے جہاں کوئی اور مادّہ نہیں پایا جاتا۔ اس لیے ارسطاطالیسیوں نے کہا کہ نلی میں جس جگہ میں خلا ہونے کا دعویٰ کیا جا رہا ہے وہ در حقیقت ایتھر سے بھری ہوئی ہے۔ ایتھر اتنا لطیف مائع ہے کہ وہ نلی کی دیوار کے شیشے کے مساموں (ذرّات کے درمیان کے سوراخوں) سے گزر کر نلی میں داخل ہو جاتا ہے۔ اور اس بظاہر خالی جگہ کو پُر کر لیتا ہے۔ اس زمانے کے شہرۂ آفاق فرانسیسی ریاضی داں اور فلسفی دیکارت [7] نے بھی، جو بہت سے دوسرے مسائل میں ارسطو سے اختلاف رکھتا تھا، ایتھر کے معاملے میں ارسطاطالیسی وضاحت کی تائید کی۔

گیلی لیو کا خلا کی قوت کا مفروضہ غلط تھا۔ مگر کم از کم اس سے یہ توجیہ تشفی بخش طور پر ہوتی تھی کہ بار پیا کی نلی اگر چھوٹی ہو تو کیوں وہ پوری کی پوری پانی سے بھری رہتی تھی (یعنی اس میں اوپر کا سرا خالی نہیں ہوتا تھا، اور نلی اگر لمبی ہو تو کیوں اس میں ایک مخصوص اونچائی (یعنی دس میٹر) تک پانی باقی رہتا تھا۔ جب کہ ایتھر کے مفروضے سے پانی کی سطح کی اونچائی کی توجیہ نہیں ہو سکتی تھی۔ یعنی اس سوال کا جواب اس مفروضے سے نہیں ملتا تھا کہ ایتھر بار پیا کی نلی میں زیادہ یا کم حصے میں کیوں نہیں بھرتا تھا اور صرف اس حد تک کیوں بھرتا تھا کہ نلی کے پانی کی سطح برتن کے پانی کی سطح سے دس میٹر اونچی رہے۔

ارسطاطالیسیوں نے پھر ایک اور توجیہ پیش کی جو یوں ہے۔ پانی سے بخارات یعنی بھاپ کی نوعیت کے گیسی اخراجات نکلتے رہتے ہیں۔ (انھیں آبخرات بھی کہتے ہیں۔) بار پیا کی نلی میں پانی سے نکلے ہوئے ایسے بخارات جب کافی مقدار میں جمع ہونے لگتے ہیں، تو ان کے دباؤ سے پانی نلی کے بالائی سرے سے نیچے اترنے لگتا ہے۔ بالآخر پانی اور بخارات میں توازن قائم ہونے سے پانی ایک مخصوص سطح تک اتر کر وہیں رک جاتا ہے۔ سو نلی کا جو حصہ بظاہر خالی نظر آرہا ہے وہ پانی کے بخارات سے بھرا ہوا ہے۔ یہ توجیہ بظاہر مناسب معلوم ہوتی تھی، مگر مندرجہ ذیل تجربات سے غلط ثابت ہوئی۔

اگر ایک ہی شکل کے چوڑے منہ کے تین برتنوں میں برابر برابر مقدار میں پانی، کاروں میں استعمال ہونے والا پٹرول، اور مٹی کا تیل ڈال کر تینوں کو کھلا چھوڑ دیا جائے، تو پٹرول ذرا ہی سی دیر میں "اُڑ" جائے گا۔ مٹی کے تیل کے غائب ہونے میں کچھ زیادہ وقت لگے گا۔ اور پانی کئی دنوں تک برتن میں باقی رہے گا۔ اس کا مطلب ہے کہ پٹرول میں بخارات زیادہ پیدا ہوتے ہیں، مٹی کے تیل میں اس سے کم، اور پانی میں بہت کم۔ (خالص عطر میں اتنے زیادہ بخارات نکلتے ہیں کہ وہ منٹوں میں اُڑ جائے گا، مگر اتنے قیمتی مائع کا ستعمال ایسے

---

[7] رنے۔ دے کارت (René Descartes) (1596–1650) ۔ شہرۂ آفاق فرانسیسی ریاضی داں اور فلسفی۔ وہ تحلیلی ہندسہ (analytical geometry) کا موجد ہے، جس میں ہندسے کے مسائل کو الجبرا کی مساواتوں کے ذریعے بیان کر کے حل کیا جاتا ہے۔ دیکارت کے اس نئے ہندسی طریقے نے ریاضی میں انقلاب برپا کر دیا۔ دیکارت کو جدید فلسفے کا بانی بھی سمجھا جاتا ہے۔ ارسطو اور اس کے مقلّدین فلسفے میں مطلق طاقتوں اور علّتوں پر بہت انحصار کرتے تھے۔ دیکارت نے کائنات میں زیر کار قوتوں اور عمل کا میکانکی تصور پیش کیا۔ فلسفے میں اس کا سب سے مشہور قول ہے "میں سوچتا ہوں، اس لئے میں ہوں" (اس قول کی کثرت سے نقل کی جانے والی لاطینی اصل ".Cogito ergo sum" ہے اور انگریزی ترجمہ ".I think, hence I exist" ہے)۔ یہ اچھوتی دلیل اس عقیدے کی نفی میں ہے کہ کوئی چیز بھی وجود نہیں رکھتی کیونکہ ہمیں جو کچھ دکھائی دیتا ہے وہ بس نظر کا فریب ہے۔ لیکن سائنس اور بالخصوص طبیعیات میں دیکارت کے اکثر خیالات ناکام ثابت ہوئے۔ اس کا ایک مشہور نظریہ یہ ہے کہ مادّے کے بنیادی اجزا ننھے ننھے بھنور (vortices) ہیں۔ اس نظریے کی تجرباتی توثیق کبھی نہیں ہو پائی۔

تجربوں کے لیے ممکن نہیں۔) اس لیے بار پیما میں اگر پانی کی جگہ پر کوئی دوسرا مائع استعمال کیا جائے تو زیادہ بخارات پیدا کرنے والے مائع کی سطح نلی میں نسبتاً نیچی ہونی چاہیے کیونکہ اس مائع کے زیادہ بخارات کے لیے نلی کے اوپر کے حصے میں زیادہ جگہ چاہیے اور یہ بخارات مائع پر زیادہ دباؤ ڈالیں گے۔

اٹلی میں وہاں کے وافر مائعات جیسے سمندر کے کھارے پانی، پانی میں مختلف قسم کی چیزیں گھول کر تیار کیے ہوئے محلول، وائن (انگور کی شراب)، زیتون کے تیل، وغیرہ کے ساتھ بار پیما کا تجربہ دہرایا گیا۔ لیکن مشاہدہ کا نتیجہ توقع کے برعکس پایا گیا۔ مثلاً وائن میں روزمرّہ کے تجربے کے مطابق پانی کے مقابلے میں بخارات کہیں زیادہ نکلتے ہیں۔ لہٰذا بار پیما کی نلی میں وائن کی سطح کو پانی کی سطح (دس میٹر) سے نیچا ہونا چاہیے تھا لیکن مشاہدے سے وائن کی سطح پانی کے مقابلے میں زیادہ اونچی نکلی۔ اس لیے ارسطاطالیسیوں کا یہ بخارات کا مفروضہ بھی خلا پیدا ہونے کے دعوے کی تردید کرنے میں ناکام رہا۔

بار پیما کے موجد توری چیلّی کی سوانح

بار پیما سے طرح طرح کے تجربات کرنے والوں میں ایک شخص ریاضی داں ایوانجے لیستو تورّی چیلّی [8] تھا۔ بار پیما کا موجد اور بار پیما کی تاریخ کا سب سے اہم کردار توری چیلی ہی ہے، اس لیے اس کا ذرا تفصیلی تعارف یہاں مناسب ہے۔ اس نے اپنی 39 برس کی نسبتاً مختصر زندگی میں جتنا کچھ کر دکھایا اس کی مثال کم ملتی ہے۔ وہ غضب کا ذہین آدمی تھا۔ یونانی ریاضی داں ارشمیدس [9] نے پیچیدہ بڑی مقداروں کو سادہ چھوٹی مقداروں کے ذریعے بیان کر کے ریاضی کے بعض مسائل کو حل کرنے کا طریقہ ایجاد کیا تھا۔ اس طریقے کو توری چیلی کے ایک تقریباً ہم عصر ریاضی داں کوالیئیری [10] نے ترقی دے کر اسے اپنے زمانے کی ریاضی میں استعمال کے قابل بنا دیا تھا۔ توری چیلی نے اس طریقے کے استعمال میں اتنی مہارت حاصل کر لی کہ اس نے یکے بعد دیگرے ہندسے کے کئی بے حد مشکل مسائل کو حل کر ڈالا۔ اس کا ایک حیرت انگیز انکشاف یہ تھا کہ ایک ایسا ٹھوس جسم (solid) وجود رکھتا ہے جس کا طول تو لامحدود ہے لیکن حجم (volume) پھر بھی محدود ہے۔ توری چیلی کے ثبوت سے پہلے ریاضی دانوں میں یہ خیال عام تھا کہ ایسے جسم کا وجود ناممکن ہے۔ ایک اور اہم سوال مستدیر (cycloid) کے رقبے کا تھا۔ اگر ایک پہیے پر کسی جگہ ایک نقطہ لگا دیں اور پھر اس پہیے کو مسطّح سڑک پر سیدھا سیدھا چلنے دیں تو اس نقطے کی حرکت سے جو منحنی لکیر (curve) بنتی ہے اسے مستدیر کہتے ہیں۔ توری چیلی نے اس بند منحنی سے گھرا ہوا رقبہ محسوب

---

[8] اے وان جے لیس تو۔ تور ری چیل لی۔ (Evangelisto Torricelli) (1608–1647) ۔ اس کا ذکر خود متن میں ہے۔

[9] ارشمیدس (Archimedes) (287 ق م – 212 ق م)۔ یونان کا مشہور ریاضی داں، انجنیر، اور موجد۔ اس نے دائرے اور کُرے کے محیط اور رقبے وغیرہ محسوب کرنے کا طریقہ ایجاد کیا۔ کسی جسم کو مکمل طور پر یا جزوی طور پر پانی میں ڈبونے سے اس کے وزن میں کمی ہونے کا اصول دریافت کیا۔ ریاضی کے ایک مورخ نے ارشمیدس کا شمار آئزک نیوٹن (Isaac Newton) (1642–1727) اور کارل گاؤس (Carl Friedrich Gauss) (1777–1855) کے ساتھ دنیا کے تین عظیم ترین ریاضی دانوں میں کیا ہے۔

[10] بونا وین تورا۔ فران چسکو۔ کاوالی اے ری۔ (Bonaventura Francesco Cavalieri) (1598–1647) ۔ اطالوی ریاضی داں۔ ارشمیدس کے کام سے افادہ کر کے بہت چھوٹی غیر منقسم مقداروں کے ذریعے حدود، طول، رقبے، حجم، وغیرہ کے حساب کے طریقے کا موجد۔

کیا۔ [11] ایک اور کارنامہ مشہور ریاضی داں فرما [12] سے منسوب اس سوال سے متعلق ہے: "اگر تین نقطے دیے گئے ہوں تو ایک ایسا چوتھا نقطہ معلوم کرو جس کا تینوں نقطوں سے فاصلوں کا مجموعہ کم سے کم ہو۔" یہ سوال اتنا اہم اور دلچسپ ہے کہ اب تک اس کے نئے حل شایع ہوتے رہتے ہیں۔ اس مسئلے کا سب سے پہلا حل توری چیلی نے پیش کیا۔ ماحرکیات (hydrodynamics) میں اس نے یہ مسئلہ حل کیا کہ اگر پانی سے بھری ہوئی کسی ٹنکی کی دیوار میں کہیں سوراخ ہو جائے تو اس سوراخ سے پانی کا جو دھارا نکلے گا اس کی رفتار کیا ہو گی۔

نظری اور ذہنی صلاحیتوں کے ساتھ ساتھ توری چیلی عملی کاموں میں بھی بڑی دستگاہ رکھتا تھا۔ دوربین اس زمانے کی نئی نئی ایجاد تھی۔ اس میں استعمال ہونے والا ہر عدسہ (lens) شیشے کی گول چپٹی ٹکیا کو ہاتھ سے گھِس کر بنایا جاتا تھا۔ توری چیلی کو ایسے عدسے گھِسنے میں بڑا ملکہ حاصل تھا، اور اس کے عدسوں کی غیر معمولی کوالٹی کی وجہ سے ان کی بڑی مانگ تھی۔ (یہی توری چیلی کا اصلی ذریعۂ معاش بھی تھا۔) اس کے گھِسے ہوئے کچھ عدسے اب تک سائنس کے عجائب خانوں میں محفوظ ہیں۔ کسی ماہر نے 1924 میں توری چیلی کے بنائے ہوئے ایک عدسے کی سطح کو خورد بینی پیمائشی آلوں کے ذریعے جانچا۔ اس ماہر کے تجزیے کے مطابق عدسے کی بناوٹ ناقابلِ یقین حد تک اچھے معیار کی ثابت ہوئی۔ آخر میں یہ بھی قابلِ ذکر ہے کہ توری چیلی سائنس کے علوم کے علاوہ زبان اور ادب سے بھی شغف رکھتا تھا۔

گیلی لیو کی تحریریں پڑھ لینے کے بعد توری چیلی اس کا بڑا مدّاح ہو گیا تھا اور اس کی قربت اور شاگردی کا بہت آرزومند تھا۔ اس نے گیلی لیو کو اپنے تحقیقی مسودے منسلک کر کے ایک خط لکھا اور اس میں اپنی خواہش بیان کی۔ گیلی لیو ان مضامین کو دیکھ کر اتنا متاثر ہوا کہ اس نے فوراً توری چیلی کو اپنے ساتھ کام کرنے کی دعوت دے دی۔ لیکن اس دعوت پر عمل کرنے میں توری چیلی سے اتنی تاخیر ہوئی کہ اسے گیلی لیو کی زندگی کے صرف آخری تین مہینوں کی مدّت میں گیلی لیو کی قربت کا موقع ملا۔ یہ عرصہ توری چیلی نے گیلی لیو کے ذاتی معاون کے طور پر کام کرنے میں گزارا۔

بارپیما کی سطح پر موسم کا اثر

گیلی لیو اپنی زندگی میں ایک مقتدر نواب کا "درباری ریاضی داں" تھا۔ گیلی لیو کی وفات کے بعد یہ رتبہ توری چیلی کو ملا۔ ساتھ ہی ساتھ گیلی لیو کی ریاضی کی معلّمی کی کرسی پر بھی توری چیلی کو فائز کیا گیا۔ جن لوگوں نے گیلی لیو سے بارپیما کے تجربے کی تشریح پوچھی تھی انھوں نے اب نئے تجربات اور نئی معلومات پر مبنی ویسے ہی سوال توری چیلی کے سامنے رکھے۔ توری چیلی نے مسئلے کے مطالعے کے لیے ایک سال کی مہلت مانگی اور پھر بارپیما کی کارکردگی سمجھنے کے لیے مختلف قسم کے تجربات شروع کر دئے۔ توری چیلی نے اپنے بارپیما کے

---

[11] توری چیلی کے وقت تک دیکارت کے ایجاد کردہ تحلیلی ہندسے (analytical geometry) کا رواج عام نہیں ہوا تھا۔ اور تکملی احصا (integral calculus) ایجاد نہیں ہوا تھا۔ مستدیر کے رقبے کا تعیّن توری چیلی کا بہت بڑا کارنامہ ہے۔ لیکن یہ مسئلہ اور ہندسے کے بہت سے دوسرے مسائل جو پہلے عظیم ریاضی دانوں کے لیے بھی مشکل ثابت ہوتے تھے وہ ان علوم کی ایجاد کے بعد اب کالج کی ابتدائی ریاضی کے طالب علم بھی آسانی سے حل کر سکتے ہیں۔

[12] پیئیر۔ ڈ فرما۔ (Pierre de Fermat) (1607–1665)۔ عظیم فرانسیسی ریاضی داں۔ مختلف لوگوں کو لکھے ہوئے خطوط میں فرمانے ریاضی کے بے شمار مسئلے اور سوال بیان کیے، جن کو ثابت کرنے یا جن کا جواب دینے میں یا جن پر مزید تحقیق کرنے میں ریاضی داں اب تک مصروف ہیں۔ نظریۂ اعداد کا ایک مسئلہ، جو "فرما کا آخری مسئلہ" (Fermat's Last Theorem) کہلاتا ہے، بے تحاشا کوششوں کے بعد ساڑھے تین صدیوں تک ثابت نہیں ہو سکا تھا۔ آخرکار اس کا مکمل اور تشفی بخش ثبوت اینڈریو وائلز (Andrew Wiles) نے 1995 میں پیش کیا۔ 1637 سے 1995 تک فرما کے اس مسئلے کو ریاضی کے مشہور ترین غیر حل شدہ سوال کی حیثیت حاصل رہی تھی۔

لیے شیشے کی ایک بہت اونچی نلی اپنے گھر پر نصب کی۔ (اپنے گھر میں اس نلی کے سمانے کے لیے اسے گھر کی چھت کو کاٹ کر کے اس میں ایک سوراخ بنانا پڑا۔) اس نے اس نلی میں ایک گڑیا ڈال دی جو اتنی ہلکی تھی کہ نلی کے پانی کے اوپر تیرتی رہتی تھی۔ گڑیا کو اوپر نیچے ہوتے دیکھنے سے پانی کی سطح کی اونچائی میں تبدیلی کا اندازہ بہت آسانی سے ہو جاتا تھا۔[13] توری چیلی اس اونچائی کا معائنہ پابندی سے کرنے لگا۔ اس نے یہ دیکھا کہ گڑیا مختلف وقتوں میں خود بخود اوپر نیچے ہوتی رہتی تھی۔ مستقل مشاہدے سے اس کو یہ مزید احساس ہوا کہ گڑیا کی حرکت کا تعلق موسم کی تبدیلی سے تھا۔ جب ہوا ساکن ہو تو پانی کی سطح کچھ ہوتی تھی اور جب تیز ہوا چل رہی ہو تو سطح کچھ اور ہو جاتی تھی۔ اس لیے توری چیلی کے ذہن میں یہ تو طے ہو گیا کہ نلی کے اندر پانی کی سطح باہر کی فضا کے حالات سے متاثر ہوتی ہے۔ اب سوال یہ باقی تھا کہ ایسا کیوں ہوتا ہے۔

ہوا کے دباؤ کا نظریہ (توری چیلّی)

توری چیلی کے زمانے میں ہوا کو بے وزن مادّہ سمجھا جاتا تھا۔ یہ خود ارسطو کے قول سے انحراف تھا، کیونکہ اس کے خیال میں اگر کسی غبارے[14] کو پہلے ہوا بھر کر کے تولا جائے اور پھر اس کو پچکا کر کے اس کی ہوا نکال کر دوبارہ تولا جائے تو دوسرا وزن پہلے وزن سے کم نکلے گا۔ گویا ارسطو ہوا کو بے وزن نہیں سمجھتا تھا۔ لیکن بار پیا کے تجربات کے زمانے یعنی سترہویں صدی کے دوسرے ربع میں بہت سے لوگ یہ سمجھتے تھے کہ اگر آدمی کسی وزن رکھنے والے مادّے میں سے گزرے تو اسے اس مادّے کے وزن کا احساس ہو جاتا ہے۔ مثال کے طور پر بعض لوگ ورزش کی خاطر پانی سے بھرے ہوئے اُتھلے حوض میں کھڑے ہو کر چلتے ہیں تا کہ پانی کی مزاحمت سے بدن کے پٹھے مضبوط ہیں۔ اگر پانی کی طرح ہوا میں بھی وزن ہوتا تو ہمیں ساکن ہوا میں زمین پر چلنے پھرنے میں ہوا کی کچھ نہ کچھ مزاحمت ضرور محسوس ہوتی۔ مگر اس زمانے کے لوگوں کے تجربے کے اعتبار سے یہ مزاحمت بالکل صفر کے برابر تھی۔ خود گیلی لیو بھی ہوا کو بے وزن سمجھتا تھا۔ البتّہ اس زمانے کے نمایاں مفکّروں میں دیکارت کا خیال تھا کہ ہوا وزن رکھتی ہے۔

بار پیا کے مشاہدوں پر غور کرنے سے توری چیلی کو ہوا کے بے وزن ہونے کا خیال غلط نظر آیا۔ اس نے 1644 میں لکھے ہوئے ایک خط میں اپنے خیال کے حق میں یہ دلیل دی ہے کہ فضا کو ایک ایسا سمندر ماننا چاہیے جو پانی کی بجائے ہوا سے بھرا ہوا ہے۔ سطحِ زمین پر بسنے والے گویا ہوا کے اس سمندر کی تہہ پر رہتے ہیں۔ اگر ہوا کے ہر ایک ذرّے کا وزن انتہائی خفیف ہو تب بھی زمین کے ہر چھوٹے سے چھوٹے حصّے کے اوپر ہوا کا بنا ہوا گویا ایک لاکھوں میٹر اونچا مینار کھڑا ہے، جس میں واقع ہوا کے تمام ذرّات کا مجموعی وزن یقیناً محسوس ہونے کے لائق ہونا چاہیے۔

جتنی قوت (force) کسی سطح پر پڑ رہی ہو اس کو سطح کے رقبے سے تقسیم کرنے پر جو عدد حاصل ہوتا ہے اسے دباؤ (pressure) کہتے ہیں۔ جیسے اگر سو مربّع سنٹی میٹر رقبے کی ٹائل پر پچاس کیلو گرام کا وزن رکھ دیا جائے تو ہم کہیں گے کہ ٹائل پر نصف کیلو گرام فی مربّع سنٹی میٹر کا دباؤ ہے۔ توری چیلی نے اپنے مشاہدے اور غور و فکر سے بار پیا کے برتاؤ کی یہ تشریح سوچی: فضا کی ہوا زمین پر رکھی ہوئی ہر چیز پر دباؤ ڈال رہی ہے۔ اس لیے بار پیا کے برتن کے پانی پر بھی ہوا کا دباؤ پڑ رہا ہے۔ دوسری طرف بار پیا کی نلی میں جو پانی کھڑا ہے وہ بھی برتن کے پانی پر دباؤ ڈال رہا ہے۔ برتن میں پانی کی سطح برقرار رہنے کے لیے ضروری ہے کہ یہ دونوں دباؤ باہم برابر

---

[13] ہو سکتا ہے کہ چھت میں سوراخ کرنے اور نلی میں گڑیا ڈالنے کا قصہ فرضی ہو، کیونکہ توری چیلی کی مستند سوانح عمریوں میں یہ قصہ درج نہیں۔ بس اتنا طے ہے کہ توری چیلی بار پیا کی نلی میں مائع کی سطح اور موسمی حالات کا مطالعہ کرتا رہا۔

[14] ربڑ کی ایجاد سے پہلے "غبارہ" سے مراد مردہ جانوروں کے جسم سے نکالی ہوئی پیشاب کی تھیلی ہوتی تھی۔

ہوں۔

ہوا کے دباؤ کے نظریے کی تصدیق

جیسا کہ بیان ہوا بار پیما کا تجربہ میٹھے پانی کے علاوہ وائن، کھارا پانی، زیتون کا تیل، وغیرہ ڈال کر پہلے ہی کیا جا چکا تھا۔ اور بار پیما کی نلی میں ہر مائع کی اونچائی مختلف نکلی تھی۔ اس مظہر سے بھی توری چیلی کے خیال میں اس کے اپنے (فضائی ہوا کے دباؤ کے) نظریے کی تائید ہوتی تھی۔ کیونکہ مختلف مائعوں کی کثافت مختلف ہوتی ہے، اور بار پیما کے برتن میں مائع کی سطح پر ہوا کا جو دباؤ پڑ رہا ہے، اس کے مقابلے کے لیے نلی میں مائع جتنا ہلکا یا بھاری ہو اس کو اتنی ہی زیادہ یا کم اونچائی تک موجود رہنے کی ضرورت ہے۔ پھر بھی چونکہ ان سب مائعوں کی کثافت میں فرق بہت زیادہ نہیں تھا، اس لیے توری چیلی نے اپنے مفروضے کو جانچنے کے لیے کوئی ایسا مائع استعمال کرنے کی ضرورت سمجھی جو پانی سے کہیں زیادہ ہلکا یا بھاری ہو۔ اور بالآخر اس نے بار پیما میں پارہ استعمال کرنے کا فیصلہ کیا جو سب سے زیادہ کثیف مائع ہے اور پانی کے مقابلے میں تقریباً 14 گنا زیادہ بھاری ہے۔ چونکہ بار پیما کی نلی میں پانی کی اونچائی تقریباً 10 میٹر ہوتی تھی، اس لیے پارہ کی اونچائی کو اس سے نسبتاً 14 گنا کم ہونا چاہیے یعنی تقریباً 76 سنٹی میٹر ہونا چاہیے۔ (صحیح حساب کے لیے پانی کے ستون کی مشاہدہ کی ہوئی اونچائی 1033 سنٹی میٹر کو پارے کی کثافت 13.6 سے تقسیم کرنا ہو گا۔ حاصل قسمت 76 سنٹی میٹر پارہ کے ستون کی متوقع اونچائی ہو گی۔) پارے کے استعمال کی تجویز خود گیلی لیو سے منقول ہے کیونکہ اس کے خیال میں اگر بار پیما کی نلی میں پانی کے مقابلے میں پارہ 14 گنا کم اونچا رہتا تو اس سے گیلی لیو کے اپنے خلا کی طاقت کے نظریے کی بھی مزید توثیق ہوتی۔ لیکن بہرحال بار پیما کا تجربہ پارے کے ساتھ دہرانے کا کام پہلی دفعہ توری چیلی نے ہی کیا۔ بلکہ یہ کہنا چاہیے کہ توری چیلی کی ہدایت پر اس کے شاگرد ویویانی [15] نے 1644 میں کیا، کیونکہ اس پہلے تجربے کے لیے توری چیلی پارہ نہیں حاصل کر سکا تھا! توری چیلی کے حسبِ توقع بار پیما کی نلی میں پارے کی اونچائی 76 سنٹی میٹر ہی نکلی۔

توری چیلی کو اس تجربے کے بعد یقین ہو گیا کہ بار پیما کی نلی میں مائع کے کسی مخصوص سطح تک کھڑے رہنے کی وجہ فضا کی ہوا کا دباؤ ہے۔ اِس لیے اُس نے ہوا کے دباؤ کو فطرت کا ایک مادّی اور حقیقی مظہر قرار دیا اور بار پیما کو اس دباؤ کے ناپنے کے آلے کے طور پر پیش کیا۔ اس طرح بار پیما صرف خلا پیدا کرنے کے تجربے کا سامان نہیں باقی رہا بلکہ اب اس کو ایک نو ایجاد پیمائشی آلہ کہا جاسکتا تھا۔ اور اس وقت سے ہوا کے دباؤ کو بار پیما میں پارے کی اونچائی کے ذریعے بیان کرنے کا رواج پڑ گیا ہے۔ مثلاً 76 سنٹی میٹر یا 30 انچ۔

توری چیلی کے ذہن میں کوئی شک نہیں رہا تھا کہ بار پیما کی نلی میں مائع کے اوپر جو خالی جگہ رہتی ہے وہ سچ مچ میں خلا ہے، کیونکہ ہوا کے دباؤ کے نظریے سے مائع کی سطح کی اونچائی کی مکمل توجیہ ہو جاتی تھی۔ پھر بھی تصدیق کے لیے وہ طرح طرح کے تجربے کرتا رہا۔ مثلاً اس نے بار پیما کی اس خالی جگہ میں چیونٹیاں اور کیڑے وغیرہ ڈال کر یہ معلوم کرنے کی کوشش کی کہ وہ کتنا عرصہ زندہ رہتے تھے۔ اس قسم کے تجربوں کا حاصل معلوم نہیں ہے، کیونکہ توری چیلی نے اپنی سب سے اہم ایجاد یعنی بار پیما کے بارے میں اپنے ریاضی کے نتائج کے مقابلے میں بہت کم تحریریں چھوڑی ہیں۔ بہرحال توری چیلی کی فکر نے آخرکار بار پیما میں خلا پیدا ہونے کی گتھی پوری طرح سلجھادی۔ اور ساتھ ہی ساتھ ہوا کی اس صفت کا بھی انکشاف کیا کہ وہ دباؤ ڈالتی ہے۔

---

[15] وِنچن زو۔ وی وی آنی۔ (Vincenzo Viviani) (1622–1703) ۔ اطالوی ریاضی داں۔

"ہوا چلنے" کی توجیہ

آندھی اور تیز ہوا کے مظاہر انسان ازل سے دیکھتا آرہا ہے۔ لیکن توری چیلی سے پہلے ان مظاہر کی کوئی تشفی بخش توجیہ پیش نہیں ہوئی تھی۔ ان کو دیوی دیوتاؤں کے کرتوت سمجھنا تو خیر توہّم کی بات تھی، لیکن ایک نیم سائنسی نظریہ کچھ اس طرح کا تھا: اپنی اپنی سانس کے ذریعے دنیا کے جاندار ہوا کو مختلف وقتوں میں اپنی طرف کھینچتے یا اپنے آپ سے دور دھکیلتے رہتے ہیں۔ بالعموم جانداروں کی یہ انفرادی حرکتیں ارد گرد کی ہوا پر ایک دوسرے کا اثر زائل کر دیتی ہیں۔ لیکن بعض اوقات ایسا ہوتا ہے کہ بہت سے جاندار وں کی سانس سے بیک وقت ہوا خارج ہوتی ہے جس سے ہوا میں مجموعی قسم کی حرکت واقع ہوتی ہے، جیسے سپاہیوں کا دستہ ہمقدم ہو کر مارچ کر رہا ہو۔ یہی "ہوا چلنے" کا باعث ہوتا ہے۔ یہ مفروضہ ہوا کے اکّا دکّا ہلکے جھونکوں کے لیے تو بڑی مشکل سے قبول ہو سکتا ہے لیکن دیر تک تیز چلنے والی ہوا کی توجیہ اس سے ہر گز نہیں ہو سکتی۔ نہ ہی اس سے ایسے سنسان علاقوں میں آنے والی آندھیوں کی تسلّی بخش وضاحت ہوتی ہے جہاں جاندار نہیں بستے ہوں یا ان کی آبادی انتہائی کم ہو۔

ہوا چلنے کی پہلی قابلِ قبول توجیہ پیش کرنے کا سہرا توری چیلی ہی کے سر ہے۔ اس نے کہا کہ مختلف خطّوں میں گرمی اور سردی پڑنے سے وہاں کی ہوا کا درجۂ حرارت بدلتا ہے جس سے وہاں کی ہوا کی کثافت بھی بدلتی ہے۔ (گرم ہوا ہلکی اور سرد ہوا بھاری ہوتی ہے۔) ہوا جتنی زیادہ کثیف (بھاری) ہو اس کا دباؤ اتنا ہی زیادہ ہوتا ہے۔ اور اگر دو متّصل خطّوں میں دباؤ مختلف ہو تو ہوا زیادہ دباؤ کے خطّے سے کم دباؤ کے خطّے کی طرف حرکت کرتی ہے۔ توری چیلی کا یہ مفروضہ جدید موسمیات کا بنیادی اصول ہے۔ بلکہ اب مغرب کی روز مرّہ کی بول چال میں ساکن ہوا کے لیے "اونچا ہوائی دباؤ" اور متغیّر موسم کے لیے "نیچا ہوائی دباؤ" کے محاورے عام طور پر مستعمل ہیں۔ توری چیلی نے موسم کی تبدیلی سے بارپیما کی نلی میں پانی کی سطح جو اونچی نیچی ہوتے دیکھی تھی اس کی تشریح بھی اسی مفروضے سے ہو گئی۔

بارپیما میں خلا کے کھنچاؤ کی تردید

بارپیما کی نلی میں مختلف مائعوں کے مختلف اونچائی تک کھڑے رہنے کی توجیہ توری چیلی کے ہوا کے دباؤ کے نظریے سے بڑی اطمینان بخش صورت سے ہو جاتی تھی۔ مگر اسی مظہر کی توجیہ گیلی لیو کے نظریے سے بھی ممکن تھی کہ خلا مائع کو ایک محدود طاقت سے کھینچتا ہے۔ خلا میں کھینچنے کی طاقت کے ذکر پر فوراً یہ شبہہ ذہن میں آسکتا تھا کہ جہاں مادّہ موجود ہی نہیں وہاں طاقت کا منبع کیا ہے اور یہ طاقت آخر کس جگہ پر رہتی ہے۔ اس کے مقابلے میں ہوا کے دباؤ کے نظریے میں اس قسم کا کوئی جواب طلب سوال نہیں باقی تھا، بلکہ وہ بالکل سیدھی سادی بات لگتی تھی۔ مگر تجربے کے نتیجہ کی توجیہ دونوں نظریوں سے یکساں طور پر ہوتی تھی۔ خلا کی جتنی طاقت پانی کو 10 میٹر تک اٹھائے رکھتی تھی اتنی ہی طاقت کو پانی سے 14 گنا بھاری مائع کو 10 میٹر کے چودھویں حصّے کی اونچائی تک اٹھانا چاہیے تھا۔ بارپیما میں پارہ بھر کر تجربہ کرنے سے بالکل یہی نتیجہ نکلتا تھا۔ اس لیے ایک غیر جانب دار شخص کے لیے توری چیلی کو صحیح اور گیلی لیو کو غلط ٹھہرانے کی کوئی وجہ نہیں تھی۔ لہٰذا اب ایک ایسے تجربے کی ضرورت باقی تھی جس سے دونوں کے نظریوں میں امتیاز ہو سکے۔

یہ تجربہ بلیز پاسکال[16] کا کارنامہ ہے۔ پاسکال اور توری چیلی میں تھوڑی بہت علمی چشمک بھی تھی کیونکہ پاسکال کا دعویٰ تھا کہ مستدیر

[16] بلیز۔ پاسکال۔ (Blaise Pascal) (1662–1623) ۔ فرانس کا عظیم ریاضی داں، طبیعیات داں، موجد، فلسفی، اور ادیب۔ علم اعداد (number theory) ، ہندسے، ماسکونیات (hydrostatics) اور ماحرکیات (hydrodynamics) میں اس کا کام بہت وقیع ہے۔ اور نظریۂ امکان (probability theory) اس

کا مسئلہ (جس کا اوپر ذکر ہوا ہے) اس نے توری چیلی سے پہلے خود حل کیا ہے۔ پاسکال کو بارپیما کے تجربے کی خبر ایک فرانسیسی پادری اور ریاضی داں مرسین [17] سے ملی۔ مرسین نے مذہبی زیارت کے لیے کلیسا کے صدر مقام روم کا سفر کیا تھا۔ وہاں اس کی ملاقات توری چیلی سے ہوئی تھی اور توری چیلی نے اسے بارپیما کا تجربہ بھی دکھایا تھا۔ مرسین نے فرانس واپس آکر اس تجربہ کا ذکر پاسکال سے کیا۔ پاسکال کو فوراً احساس ہو گیا کہ یہ تجربہ سائنس کے ایک اہم نئے انکشاف کی حیثیت رکھتا ہے اور اُسے خود بھی اِس تحقیق میں حصہ لینے کی تحریک ہوئی۔

توری چیلی کا ہوا کے دباؤ کا نظریہ پاسکال کو زیادہ معقول لگتا تھا۔ لیکن پھر بھی وہ اس کے حق میں مزید شواہد جمع کرنے کا خواہش مند تھا۔ اس غور و فکر میں اس کے ذہن میں توری چیلی کے نظریے کو آزمانے کے لیے ایک بالکل نئے قسم کا خیال آیا: کسی مقام پر ہوا کا دباؤ اس مقام کے اوپر کی ہوا کے ستون کی اونچائی سے متعیّن ہوتا ہے۔ اب ہم جیسے جیسے سطحِ زمین سے اوپر جائیں گے ہمارے سر پر ہوا کے ستون کی اونچائی کم ہوتی جائے گی، اس لیے ہوا کے دباؤ کو بھی بتدریج کم ہوتے جانا چاہیے۔ اب مسئلہ اس قیاس کی عملی جانچ کرنے کا تھا۔ مگر مشکل یہ تھی کہ اس زمانے تک پاسکال تقریباً اپاہج ہو گیا تھا، اور خود کسی پہاڑ پر چڑھنا اس کے بس کی بات نہیں تھی، بلکہ اس کو کسی اور سے ایسا تجربہ کرانے کی ضرورت تھی۔ خوش قسمتی سے اس کا بہنوئی فلورَیں پیرئے (Florin Périer) ایک اونچے پہاڑ کے قریب رہتا تھا۔ پاسکال نے اس سے درخواست کی کہ وہ ایک پارہ بھرا ہوا بارپیما ساتھ لے کر پہاڑ کی چوٹی تک جائے اور رستے بھر بارپیما کی نلی میں پارے کی اونچائی کا مشاہدہ کرتا رہے۔ پیرئے اس کام کے لیے فوراً راضی ہو گیا اور اس نے پاسکال کی ہدایات کے بالکل مطابق سب کچھ کیا۔ وہ سارے رستے بڑے احتیاط سے پارے کی اونچائی کی پیائش کرتا رہا اور ان کا تفصیلی ریکارڈ واپس آکر اس نے پاسکال کو دکھایا۔ اس تجربے کا نتیجہ عین وہی نکلا جس کی پاسکال کو توقع (اور خواہش) تھی، یعنی سفر کے دوران جیسے جیسے ارتفاع بڑھتا گیا ویسے ویسے بالالتزام پارے کی اونچائی کم ہوتی گئی۔ یہ تجربہ 1648 میں سر انجام ہوا۔

بارپیما کے طریقۂ کار کی تشفّی بخش تشریح

پاسکال کے تجربے سے جہاں توری چیلی کے نظریے (ہوا کا دباؤ) کی توثیق ہوئی، وہاں گیلی لیو کے نظریے (خلا کا کھنچاؤ) کی تردید بھی ہو گئی۔ گیلی لیو کے نظریے کے مطابق خلا کے کھینچنے کی طاقت اس سے متعیّن ہوتی تھی کہ بارپیما کی شکل اور ساخت کیسی تھی اور اس میں کون سا مائع استعمال ہوا تھا۔ بیرونی عوامل کا اس نظریے میں کوئی ذکر نہیں تھا۔ بالخصوص مشاہدے کے مقام کی زمین سے اونچائی کا خلا کی طاقت پر کوئی اثر نہیں ہونا چاہیے تھا۔ چونکہ بارپیما کی ساخت اور اس کے اجزا ہر جگہ بالکل ایک رہے، اس لیے خلا کی طاقت میں کسی تبدیلی کی کوئی وجہ نہیں تھی اور بارپیما کی نلی میں پارے کی اونچائی کو سفر کے دوران ہر مقام پر ایک ہی رہنا چاہیے تھا۔ پاسکال کے اس تجربے کے بعد بارپیما کے مشاہدے کی توجیہ کے لیے صرف ایک ہی تشفی بخش نظریہ باقی بچا، یعنی توری چیلی کا فضا کی ہوا کے دباؤ کا نظریہ۔ اس لیے جلد ہی اس نظریے کو قبولِ عام حاصل ہو گیا۔ تجربے کے سال یعنی 1648 سے اب تک اس نظریے میں کسی ترمیم کی ضرورت نہیں پیش آئی ہے۔

کی اپنی ایجاد ہے۔

[17] مارَیں۔ مرسین (Marin Mersenne) (1588–1648) ۔ فرانسیسی پادری اور ریاضی داں۔ مرسین کا مفرد اعداد کا سلسلہ (Sequence of Mersenne Primes) نظریۂ اعداد میں بہت اہم سمجھا جاتا ہے۔

توری چیلی اور پاسکال کے اعزاز میں دباؤ ناپنے کی نئی اکائیاں ان کے نام سے منسوب کی گئیں ہیں۔ ایک ملی میٹر پارے کے ستون کے دباؤ کو ایک تور (Torr) کہا جاتا ہے۔ اس لیے ساکن ہوا کے موسم میں سطحِ سمندر پر ہوا کا دباؤ 760 تور ہوتا ہے۔ پاسکال (pascal) ، (مخفف: Pa) ، بہت ہی خفیف دباؤ کو بیان کرنے کے لیے استعمال ہوتا ہے اور ایک پاسکال کی قیمت سطحِ سمندر پر ساکن ہوا کے موسم میں ہوا کے دباؤ کے لاکھویں حصّے کے برابر قرار دی گئی ہے۔

بار پیما کی ایجاد کی کہانی یہاں ختم ہوتی ہے۔ اس مضمون سے یہ واضح ہو گیا ہو گا کہ اس ایجاد میں براہِ راست اور بالواسطہ حصہ لینے والوں میں سے اکثر افراد تقریباً پچاس سال کے ایک انتہائی مردم خیز عرصے میں اس دنیا میں آئے اور اپنے کام سے سائنس میں انقلاب برپا کر کے رخصت ہو گئے۔ جن اشخاص کا ذکر ہوا ہے ان میں سے تقریباً سبھی انتہائی نامور سائنسداں اور فلسفی ہیں، اور بار پیما کی تحقیق ان کی شہرت کا صرف ایک حصہ ہے۔ ان سب کی سوانح اور کارناموں پر بہت کچھ مواد دستیاب ہے۔ بار پیما کے بارے میں بھی کئی کتابیں اور بہت سارے مضامین موجود ہیں۔ لیکن انٹرنیٹ پر پائے جانے والے کئی مضامین میں مجھے کثرت سے غلطیاں نظر آئی ہیں۔ اس لیے مزید مطالعے کے لیے ایک بہت ہی مستند حوالہ درجِ ذیل ہے:

Middleton, W.W. Knowles. 1964. *The History of the Barometer*. Baltimore: Johns Hopkins Press. 489 p.

About the author:

Kamal Abdali holds a PhD in computer science and has worked mainly in the theoretical and foundational areas of that discipline. Having served in universities, industrial research labs, and governmental research agencies, he is now retired and lives in Arlington, Virginia, USA. He can be reached by email at *k.abdali@acm.org*.