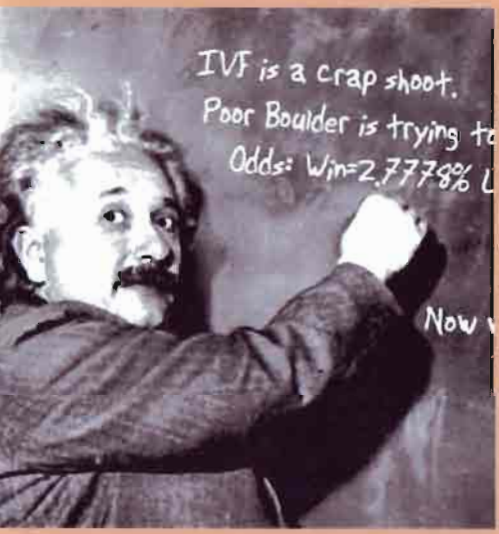
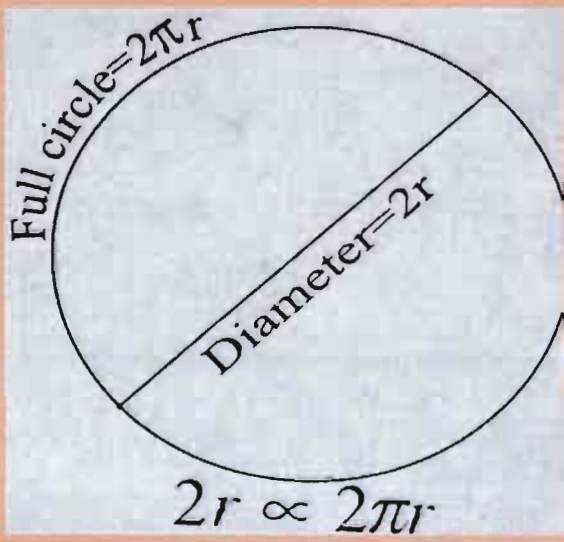
আইনস্টাইন
ও
পদার্থ বিজ্ঞানের ঐক্যবদ্ধ মতবাদ

দ্বিতীয় খণ্ড

• • •

ড. মোঃ তাজউদ্দিন





$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2$$

$$ds^2 = g_{jk}\,dx^j\,dx^k \quad (j,k = 1,2,3)$$

$$ds^2 = dr^2 + r^2 d\theta^2 + r^2 \sin^2\theta\, d\varphi^2$$

$$ds^2 = dr^2 - r^2 d\theta^2 - r^2 \sin^2\theta\, d\varphi^2 + dt^2$$

$$ds^2 \propto \rho \times 2\pi r \times f \times dt$$

আইনস্টাইন ও
পদার্থ বিজ্ঞানের ঐক্যবদ্ধ মতবাদ

দ্বিতীয় খণ্ড

ড. মোঃ তাজউদ্দিন

www.banglainternet.com

সূচিপত্র

অধ্যায়-১	:	আইনস্টাইন পরিচিতি /১৩
অধ্যায়-২	:	সময় কীভাবে চতুর্থ মাত্রা হলো? /২২
অধ্যায়-৩	:	বস্তু ভর পেলো কোথা থেকে? /২৮
অধ্যায়-৪	:	রৈখিক জ্যামিতি বনাম গোলকীয় জ্যামিতি : সত্যের উপর মিথ্যার প্রভাব /৩২
অধ্যায়-৫	:	সঠিক জ্যামিতির সন্ধানে : শূন্য টেন্সর বনাম ত্বরণ টেন্সর /৩৮
অধ্যায়-৬	:	ত্রিমাত্রিক জ্যামিতির গোলকীয় জ্যামিতিতে রূপান্তও : N পরিধি ও সূচক মানে কী? /৪৩
অধ্যায়-৭	:	গণিতবিদ রীম্যানের সাফল্য : গোলকীয় জ্যামিতির প্রতিষ্ঠা /৪৭
অধ্যায়-৮	:	আইনস্টাইনের মহাকর্ষ নীতি : মহাশূন্য জগৎ ও পার্থিব জগতের মধ্যে প্রভেদ কোথায়? /৫৩
অধ্যায়-৯	:	মহাকর্ষ প্রভাব : দেশকাল ও ভর কীভাবে পরিবর্তন হয়? /৫৯
অধ্যায়-১০	:	ঐক্যবদ্ধ মতবাদ কী? এটার প্রয়োজনীয়তা কেন? /৬৩
অধ্যায়-১১	:	পদার্থ বিজ্ঞানের আংশিক সূত্র : কীভাবে এই সূত্রসমূহ ঐক্যবদ্ধ সূত্রে রূপ নেয়? /৭৪
অধ্যায়-১২	:	ত্বরণ গতি : ভরবেগ ও ত্বরণের মধ্যে পার্থক্য কোথায়? ভরবেগ সংরক্ষণ হয় কি? /৭৮

www.banglainternet.com

অধ্যায়-১৩	:	মহাকর্ষ ভর ও জড় ভর এবং মহাকর্ষ ত্বরণ ও জড় ত্বরণ : জড় ভর কীভাবে জন্ম হয় ও নিয়ন্ত্রিত হয়? /৮৩
অধ্যায়-১৪	:	সমতুল্য নীতি বনাম সমানুপাতিক নীতি : পদার্থ বিজ্ঞানে কোনটি প্রকৃত নীতি? /৮৮
অধ্যায়-১৫	:	আলোর রৈখিক গতি ও গোলকীয় গতি : প্রতিসরণকালে আলো বেঁকে যায় কেন? গতি কিভাবে সৃষ্টি হয়? /৯২
অধ্যায়-১৬	:	ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া বেশি হয় কেন? /৯৮
অধ্যায়-১৭	:	গ্যালিলিও কি ভুল করেছিলেন? এই ভুলের ব্যাপ্তি কতটুকু? /১০৩
অধ্যায়-১৮	:	সোয়ার্জচাইল্ড ব্যাসার্ধ : পদার্থ বিজ্ঞান ও গণিতে এটার প্রয়োজন কেন? /১০৭
অধ্যায়-১৯	:	আইনস্টাইনের স্বপ্ন বাস্তবায়ন : এখানে রয়েছে চার পরিধি ও ছয় উপাদান /১১১
অধ্যায়-২০	:	বিজ্ঞান গবেষণা ও আবিষ্কার /১১৭
অধ্যায়-২১	:	সার সংক্ষেপ /১২৩
পরিশিষ্ট-১	:	পরিভাষা /১৪০
পরিশিষ্ট-২	:	নির্ঘণ্ট /১৪৩

www.banglainternet.com

আইনস্টাইন পরিচিতি

(Life and Works of Einstein)

আলবার্ট আইনস্টাইন (১৮৭৯-১৯৫৫) বিংশ শতাব্দীর প্রথমার্ধে একজন খ্যাতিমান বিজ্ঞানী হিসেবে প্রতিষ্ঠা লাভ করেন। তিনি আপেক্ষিকবাদের জনক এবং চিরায়ত পদার্থবিজ্ঞানে ব্যাপক পরিবর্তনের চেষ্টা করেছিলেন। মহাকর্ষ নীতির (Law of gravitation) মাধ্যমে তিনি পদার্থবিজ্ঞানের চূড়ান্ত সংস্কারের পদক্ষেপ নিয়েছিলেন। আবার তিনি শেষ বয়সে পদার্থবিজ্ঞানের সূত্রগুলোর সমন্বয়ে ঐক্যবদ্ধ মতবাদ রচনা করতে চেয়েছিলেন। এ দুটো ধারণা ছিলো একই বিষয়ের এ-পিঠ ও-পিঠ। এ বিষয়ে আইনস্টাইন পুরোপুরি অবগত ছিলেন না। এটা জানা থাকলে আইনস্টাইন শেষ জীবনে ঐক্যবদ্ধ মতবাদ রচনার চেষ্টা করতেন না। তিনি সার্বিক আপেক্ষিকবাদে মহাকর্ষ সম্পর্কে পুরোপুরি ধারণা দিতে পারেননি। ফলে সঠিক মহাকর্ষ সূত্র সৃষ্টি হয়নি এবং ঐক্যবদ্ধ মতবাদও আসেনি।

আইনস্টাইন ১৯০৫ সালে জার্মান পত্রিকায় বিজ্ঞান বিষয়ক পাঁচটি প্রবন্ধ উপস্থাপন করেন। এই প্রবন্ধগুলো আইনস্টাইনকে বিজ্ঞান জগতে উচ্চ আসনে প্রতিষ্ঠিত করেছিলো এবং তৎকালীন বিজ্ঞান জগতের প্রচলিত অনেক মতবাদকে নিঃশেষ করে দিয়েছিলো (Einstein shattered many cherished scientific beliefs in five great papers that would establish him as the world's leading physicist. –Stachel, 1998)[1]। এই পাঁচটি প্রবন্ধের মধ্যে দুটো প্রবন্ধ বিশেষ আপেক্ষিকবাদ নামে পরিচিতি লাভ করে। সে দুটো প্রবন্ধ হলো : 1. On the Electro-dynamics of Moving Bodies and 2. Does the Inertia of a Body Depend on Its Energy Content? আইনস্টাইন এই পাঁচটি প্রবন্ধের মাধ্যমে তৎকালীন বিজ্ঞান জগতের বেশ কিছু বিশৃঙ্খলার সমাধান করেন।

সে যুগের কিছু সমস্যা ও আইনস্টাইনের অবদান নিয়ে আলোচনা হলো। সে সময়ে ক্ষুদ্র কণিকার উচ্চ গতি নিউটনীয় গতির সূত্র দ্বারা পরিমাপ করা সম্ভব ছিলো না। এ বিষয় সমাধানের জন্য আইনস্টাইন বিশেষ আপেক্ষিকবাদে আলোর বেগকে উচ্চতম বেগ ধরে যে সব বস্তুর দ্রুতি আলোর গতির কাছাকাছি হয়, এদের দ্রুতি পরিমাপের পদ্ধতি নির্ণয় করেন। আলোর গতির সাথে বস্তুকণার দ্রুতি পরিমাপের তুলনা করার পদ্ধতিকে আপেক্ষিকবাদ বলা হয়েছে। এই ধারণা বিশেষ

www.banglainternet.com

আপেক্ষিকবাদেই প্রযোজ্য। কিন্তু সার্বিক আপেক্ষিকবাদে কোনো তুলনামূলক চিত্র নেই। তাই সার্বিক আপেক্ষিকবাদের নামকরণের তেমন সার্থকতা নেই। এ সূত্রকে সার্বিক সূত্র বলা যেতে পারে। বিশেষ আপেক্ষিকবাদ প্রবন্ধগুলোর মধ্যে সময় প্রসারণ ও দৈর্ঘ্য সংকোচন তত্ত্বসহ বেশ কিছু প্যারাডক্স উপস্থাপন করেন। সেগুলো হচ্ছে যমজ প্যারাডক্স, ঘড়ি প্যারাডক্স, দৈর্ঘ্য প্যারাডক্স ইত্যাদি। সে সব প্রকৃতির চমৎকার ঘটনা। তবে সেসব কেন ঘটে সেটার ব্যাখ্যা তিনি দেননি। এই জন্যই আইনস্টাইনকে বুঝতে জটিলতা সৃষ্টি হয়েছে এবং মজার মজার গল্প সৃষ্টি হয়েছে। তবে স্থানভেদে মহাকর্ষ প্রভাবের তারতম্যের জন্যই এসব ঘটে (অধ্যায় ৯)।

আবার ১৮৮৭ সালে মাইকেলসন-মর্লির পরীক্ষায় ইথার ধারণার অস্তিত্ব পাওয়া যায়নি। প্রাচীন গ্রিকগণ মহাশূন্যে ইথার ধারণায় বিশ্বাস করতো। এই ইথারকে আলো, শব্দ ইত্যাদির বাহক হিসেবে মনে করা হতো। আইনস্টাইন বিদ্যুৎ-চুম্বকক্ষেত্র মতবাদের মাধ্যমে ইথার তত্ত্বের সমাধি রচনা করেন। এখানে ইথার মতবাদের পরিবর্তে বিদ্যুৎ-চুম্বকক্ষেত্র মতবাদ স্থান লাভ করে।

সে যুগে বিজ্ঞানীদের মাঝে নিউটনের 'পরম স্থান ও পরম কাল' নিয়ে সন্দেহ সৃষ্টি হয়। স্থানের তিন মাত্র– দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও বেধ এবং আলাদাভাবে কালের এক মাত্রা দিয়ে বলবিজ্ঞান ও গণিতে গোলকীয় গতির সূত্র রচনা করা সম্ভব ছিলো না। আইনস্টাইন স্থানের তিন মাত্রার সাথে কালকে যুক্ত করে চতুর্মাত্রিক জগতের ধারণা প্রদান করেন এবং গোলকীয় গতির সমীকরণ রচনা করেন। এভাবে তিনি পরম কালের যবনিকা টানেন। চতুর্মাত্রা ছাড়া মহাকর্ষ সূত্র রচনা করা সম্ভব ছিলো না (অধ্যায় ২)।

আইনস্টাইন একই সময়ে ব্রাউনীয় গতির (Brownian Motion) তত্ত্বীয় ব্যাখ্যা দিয়েছিলেন। ১৮২৭ সালে স্কটিশ প্রকৃতিবিজ্ঞানী রবার্ট ব্রাউন আবিষ্কার করেন যে পানির মধ্যে পুষ্পরেণু ছেড়ে দিলে তা মাইক্রোস্কোপে নিরীক্ষণ করলে দেখা যায় রেণুগুলো ইতস্তত গতি প্রদর্শন করে। এই গতির নাম দেয়া হয় ব্রাউনীয় গতি। আইনস্টাইন এই গতির ব্যাখ্যায় বলেন যে পুষ্পরেণুর উপর পানির স্বতন্ত্র অণুর প্রভাবের ফলে এই ইতস্তত গতির সৃষ্টি হয়। এই ইতস্তত গতিসম্পন্ন অনুসমূহের ইতস্তত গতিরই বহিঃপ্রকাশ।

আইনস্টাইন আপেক্ষিকবাদে পদার্থবিজ্ঞানের উন্নয়নের জন্য এতো কিছু করার পরও তাঁর দর্শন ইউক্লিডের সমতলীয় জগৎ ও রৈখিক ধারণার উপর রয়ে গেলো। এটাই ছিলো আপেক্ষিকবাদের মস্তবড় ত্রুটি। এটা ম্যাক্সওয়েলের সাথে এভাবে তুলনা করা যায়, যখন ম্যাক্সওয়েল বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় মতবাদ প্রচার করেন, তখন তার দর্শন ইথার মতবাদের উপর প্রতিষ্ঠিত ছিলো (Ironically, Maxwell's

www.banglainternet.com

equations, which had been non-relativistic in spirit, being based on the preferred reference frame of the ether. –Good, 1974)[2]।

আইনস্টাইন বিশেষ আপেক্ষিবাদকে চিরায়ত বলবিজ্ঞানের সংস্কারের কাজে লাগাতে পারতেন, কিন্তু তিনি সেটা করেননি (অধ্যায় ১২)। আবার তিনি বিশেষ আপেক্ষিকবাদকে সার্বিক আপেক্ষিকবাদের অধীন প্রতিষ্ঠা করতে পারেননি বরং তিনি মহাকর্ষ সূত্রে আলোর বেগকে মহাকর্ষ প্রভাব থেকে অধিক (1>2m/r) উল্লেখ করেছেন। আইনস্টাইন আলোর বেগকে মহাকর্ষ থেকে অধিক গুরুত্ব দিয়ে ভুল করেছিলেন। এভাবে সার্বিক আপেক্ষিকবাদ বিশেষ আপেক্ষিকবাদের অধীন চলে এসেছে। কিন্তু আলোর বেগকে মহাকর্ষ সূত্রের অধীনে আনা দরকার ছিলো। এখানে আলোর বেগকে মহাকর্ষের অধীনে যুক্ত করা হলে বিশেষ আপেক্ষিকবাদ সার্বিক আপেক্ষিকবাদের অধীনে চলে আসতো। তবে সার্বিক আপেক্ষিকবাদের অন্যতম অনুমিত সিদ্ধান্ত সূর্যের কাছে আলোর অপসরণ প্রমাণ করা হয়েছিলো, যাহা মহাকর্ষ কর্তৃক আলোর বেগ নিয়ন্ত্রণ বোঝায়। এতে বোঝা যায় মহাকর্ষে আলোর বেগকে নিয়ন্ত্রণ করার মতো অধিক ক্ষমতাসম্পন্ন এক বা একাধিক কণিকা রয়েছে। এসব ধারণা মহাকর্ষ সূত্রে যুক্ত করা হয়নি। সম্প্রতি জানা গেছে বস্তুর নিউট্রিনো কণিকার আলোর বেগের চেয়ে উচ্চ গতি রয়েছে। সেটা আলোর স্থান দখল করতে পারে। তবে যে কোনো উচ্চ বেগ হউক না কেন বৃত্তীয় নিয়মে গতিশীল না হলে ঐক্যবদ্ধ সূত্রে যুক্ত করা যাবে না। অত্র গ্রন্থে বিশেষ আপেক্ষিকবাদের বিভিন্ন ধারণার সাথে মহাকর্ষ ধারণা যুক্ত করা হয়েছে (অধ্যায় ৮)।

আইনস্টাইন ১৯১৬ সালে সার্বিক আপেক্ষিকবাদ তথা মহাকর্ষ সমীকরণ রচনা করেন। এটার শিরোনাম থেকে মনে হয় সার্বিক আপেক্ষিকবাদ একটি সর্বব্যাপী মতবাদ কিন্তু আইনস্টাইন সেটা করতে পারেননি। তিনি এই সমীকরণে মহাশূন্যে একটি ক্ষুদ্র কণিকার বৃত্তীয় নিয়মে সূর্য প্রদক্ষিণের সূত্র প্রদান করেন। এটা আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সূত্র নামে খ্যাত। আইনস্টাইনের জানা ছিলো না যে মহাকর্ষ সূত্রটি ঐক্যবদ্ধ সূত্র হিসেবে রূপ নিতে পারে। তাই তিনি শেষ জীবনে আলাদাভাবে ঐক্যবদ্ধ মতবাদের অনুসন্ধান করেছিলেন। আইনস্টাইনের মহাশূন্য ধারণায় অনেক গলদ ছিলো, তাই মহাকর্ষ সূত্রটি সঠিকভাবে বিধিবদ্ধ করতে পারেননি। আইনস্টাইনের মতে মহাশূন্য জগত হচ্ছে ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ফিল্ড এবং পার্থিব জগতের বাইরে অবস্থিত (This is empty space without electromagnetic field and without matter, -Hawking, 2007)[3]। এমন কোনো মহাশূন্য জগৎ হয় না। এই মহাশূন্য ধারণা ছিলো কাল্পনিক এবং আইনস্টাইনকে এই মহাশূন্য ধারণা নিউটনীয় সমতলে নামিয়ে দিয়েছে। এখানে

www.banglainternet.com

আইনস্টাইন গোলকীয় ধারণা প্রকাশ করলেও সমীকরণে শূন্য টেন্সর ব্যবহার করেছেন। এসব কারণে আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সূত্র কার্যকরী হয়নি (অধ্যায় ৮)।

নিউটনীয় মহাকর্ষ সূত্র এবং আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সূত্রের মধ্যে পার্থক্য রয়েছে। নিউটনীয় গতির সূত্রগুলো রৈখিক ধারণার উপর প্রতিষ্ঠিত এবং একইভাবে মহাকর্ষ সূত্র হচ্ছে দুই বা ততোধিক বস্তুর মধ্যে রৈখিক আকর্ষণ। অন্যদিকে আইনস্টাইন বলেছেন দেশকাল বক্র এবং মহাকর্ষ বক্র। সুতরাং নিউটনীয় মহাকর্ষ নীতি বলতে দুই বা ততোধিক বস্তুর মধ্যে আকর্ষণ বোঝাবে। আর আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সূত্র হচ্ছে গোলকীয় গতিতে গ্রহগুলো সূর্যের আকর্ষণে প্রদক্ষিণ করছে। আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সূত্রের ধারণা ঐক্যবদ্ধ সূত্রের সাধারণ ধারণা হিসেবে গ্রহণ করা হয়েছে (অধ্যায় ১০)।

আইনস্টাইন পূর্বেকার কয়েকজন গণিতবিদের গাণিতিক ধারণা ক্রমশ অব্যাহত রেখেছিলেন। সে সব গণিতবিদ হলেন রীম্যান, ক্রিস্টোফেল, রিচি, বিয়ানকি প্রমুখ। তাঁরা মূলত টেন্সর সমীকরণে গোলকীয় স্থানাঙ্ক সংযোজনের চেষ্টা করেছিলেন। তবে তাঁদের এ প্রচেষ্টা সঠিক ছিলো না। আইনস্টাইন সে ধারা অনুসারে মহাকর্ষ সূত্র বিন্যাস করেছিলেন। তবে সে সমীকরণ দ্বারা সার্বিক আপেক্ষিকবাদ (মহাকর্ষ সূত্র) প্রমাণের অন্যতম অনুমিত সিদ্ধান্ত বুধ গ্রহের অনুসূরের অগ্রগমন পরিমাপ করা সম্ভব হয়নি। এটার কারণ হিসেবে ধরে নেয়া যায় সমীকরণটি ত্রুটিপূর্ণ ছিলো এবং গোলকীয় গতি পরিমাপের জন্য পর্যাপ্ত ছিলো না। আসলে মহাকর্ষ সমীকরণটি নিউটনীয় শূন্য টেন্সরে পরিণত হয়। শূন্য টেন্সর হচ্ছে সমীকরণের দুই পক্ষ সমান, তাতে ত্বরণ গতি আসে না। গোলকীয় গতি পরিমাপের জন্য ত্বরণ সম্পন্ন গোলকীয় সমীকরণ রচনা করতে হয়। গোলকীয় সমীকরণে উপাদান হিসেবে থাকবে জড়বল, মহাকর্ষ বল, ব্যাসার্ধ বল, বৃত্তীয় ত্বরণ ও সময় কিন্তু আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সমীকরণে উপরোক্ত উপাদানগুলো অনুরূপভাবে ছিলো না। গোলকীয় গতি পরিমাপে সোয়ার্জচাইল্ড ব্যাসার্ধ থাকা চাই। এই সমীকরণে সে ধারণাও ছিলো না। এছাড়া কোনো সমীকরণে সময় যুক্ত করলে যে ঘূর্ণন গতি সৃষ্টি হয়, সে ধারণাও তখনকার দিনে অনুপস্থিত ছিলো। এসব কারণে আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সমীকরণ সঠিক হয়নি। এটাকে সংশোধন করতে হলে পুরো ধারাটাকে সংশোধন করতে হবে। কারণ গণিতের এ ধারাটা অতি পুরাতন ও সেকেলে (অধ্যায় ২, ৫, ৬, ১৮)।

গণিতবিদ সোয়ার্জচাইল্ড আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সমীকরণ ব্যাখ্যা করেন। আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সমীকরণগুলো ফিল্ড সমীকরণ বলা হয়। সোয়ার্জচাইল্ড আইনস্টাইনের ফিল্ড সমীকরণকে মোটামুটিভাবে দুটো ভাগে বিভক্ত করে ব্যাখ্যা প্রদান করেন। একটি হলো বহিঃসমাধান (Exterior solution) এবং অপরটি হলো

www.banglainternet.com

অন্তঃসমাধান (Interior solution)। সোয়ার্জচাইল্ড বহিঃসমাধান দ্বারা বুধগ্রহের অনুসূরের অগ্রগমন পরিমাপ করতে পেরেছিলেন। বহিঃসমাধান দ্বারা অনুসূরের অগ্রগমন পরিমাপ করা সম্ভব হলেও উক্ত সূত্রটি মহাকর্ষ সমীকরণ হিসেবে স্বীকৃতি পায়নি। সেটা ছিলো আপেক্ষিকবাদের আরেক ব্যর্থতা (অধ্যায় ১৮)।

মিনকোস্কি সময়কে চতুর্থ মাত্রা ধরে সমীকরণ রচনা করেছিলেন। একইভাবে আইনস্টাইন সময়কে চতুর্থমাত্রা হিসেবে গ্রহণ করেছেন। স্থানের তিন মাত্রার সাথে সময়কে চতুর্থ মাত্রা হিসেবে যুক্ত করলে বস্তুর কী অবস্থা হয়, তখন সে ধারণা অনুপস্থিত ছিলো। সে কারণে গোলকীয় গতি রচনা পুরোপুরি দখলে আসেনি বলেই ঐক্যবদ্ধ মতবাদ রচনা সম্ভব হয়নি (অধ্যায় ২)।

আইনস্টাইন ১৯২১ সালে ফটো-ইলেকট্রিক এফেক্ট মতবাদের জন্য নোবেল পুরস্কার প্রাপ্ত হন। বিষয়টি হলো বিশেষ ধাতব পদার্থকে উচ্চশক্তি সম্পন্ন ফোটন প্রবাহ দ্বারা আঘাত করা হলে ধাতব পদার্থ প্রতিক্রিয়া করে। এটা হচ্ছে ফটো-ইলেকট্রিক এফেক্ট। আজকাল এই পদ্ধতিতে এয়ারপোর্টে ও অন্যান্য ক্ষেত্রে মানুষের শরীর ও ব্যাগ তল্লাশি করা হয়।

আইনস্টাইন জড় ভর ও মহাকর্ষ ভরের সমতুল্য ধারণা গতানুগতিকভাবে গ্যালিলিওর পড়ন্ত বস্তুর সূত্র থেকে গ্রহণ করেছিলেন যে উপর থেকে সকল বস্তু সমগতিতে পতিত হয় (Principle of equivalence implies that different masses fall at the same rate. –Good, 1974)[4]। সকল বস্তু ভর নির্বিশেষে সমগতিতে পতিত হয় কেন? এ প্রশ্ন কেউ উত্থাপন করেনি। এটার আক্ষরিক মানে দাঁড় করানো হয়েছে বস্তুর জড় ভর ও মহাকর্ষ ভর সমতুল্য বা সমান বলে সমগতিতে পতিত হয়। এ ধারণা সঠিক ছিলো না এবং বিজ্ঞান জগতে বাধা সৃষ্টি করেছে। বস্তুর নিজস্ব ভর অনুসারে মহাকর্ষ হতে ভর প্রাপ্ত হয় বলে বস্তুর জড় ভরের অস্তিত্ব মহাকর্ষের উপর নির্ভরশীল। একমাত্র দুটো স্বতন্ত্র ও আলাদা বস্তুর মধ্যে সমতুল্য ও সমান ধারণা টানা যায়। তাই এরা সমতুল্য নয় এবং সমানও নয়। এদেরকে সমতুল্য ধরতে হলে এদের অস্তিত্ব আলাদাভাবে থাকতে হবে। মহাকর্ষ হতে বস্তুর প্রাপ্ত ভর সাপেক্ষে এদের নীতিকে সমতুল্য নীতি না বলে সমানুপাতিক নীতি বলতে হবে। প্রকৃতপক্ষে জড়বল ও মহাকর্ষবলের অস্তিত্ব আলাদা নয়। এ দুইয়ে মিলে অভিন্ন বল এবং একে অন্যের পরিপূরক। আইনস্টাইনের এই সমতুল্য ধারণা পদার্থবিজ্ঞানে বিপর্যয় সৃষ্টি করেছে। আবার স্থান ভেদে মহাকর্ষের পার্থক্য হেতু দেশকাল ও ভরের পার্থক্য হয়। অতএব, মহাকর্ষ ভর ও জড় ভর যে সর্বত্র সমান সেটা সার্বিকভাবে সমান বলা যায় না। মহাকর্ষ বস্তুর উপর যতটুকু প্রভাব বিস্তার করে বস্তুর ভর ততটুকু হয়। তাই মহাকর্ষ

www.banglainternet.com

ভর ও জড় ভরের অনুপাত হবে সমানুপাতিক এবং এদের নীতিও হবে সমানুপাতিক নীতি (অধ্যায় ১৩, ১৪, ১৭)।

আইনস্টাইন সার্বিক আপেক্ষিকবাদে নিউটনীয় গতির দ্বিতীয় সূত্র এবং মহাকর্ষ সূত্রকে সমন্বয়ের জন্য সমতুল্য নীতি ($m_i=m_g$) এবং জড় ত্বরণ ও মহাকর্ষ ত্বরণকে সমতুল্য ত্বরণ ($m_a = m_g$) হিসেবে গ্রহণ করেছিলেন। আবার তিনি শক্তি ও ভরের সমতুল্য নীতি ($E = mc^{-2}$) গ্রহণ করেছিলেন। অতএব, মহাকর্ষ ভর থেকে জড় ভর এবং জড় ভর থেকে শক্তি উৎপন্ন হয় বলে এসব নীতিকে সমানুপাতিক নীতি ধরতে হবে। মহাকর্ষ ভর ও জড় ভরের সমতুল্য ধারণা বিজ্ঞান ও গণিত জগতে বিরাট বিপর্যয় সৃষ্টি করেছে। সমতুল্য নীতি মহাকর্ষ জগৎ ও জড় জগৎকে বিচ্ছিন্ন করে রেখেছে। এসব গতানুগতিক ও সস্তা ধারণা পরিহার করতে হবে (অধ্যায় ১৩, ১৪)।

আইনস্টাইন মহাকর্ষ সূত্র ও জড়তার সূত্রকে সমকক্ষ ধরে সমতুল্য নীতি প্রদান করে ছিলেন। নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র এবং জড়তার সূত্র ছিলো রৈখিক। আবার এরা দুই ভিন্ন জগতের সূত্র। তাই এদের মধ্যে তুলনা হয় না। নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র হচ্ছে দুটো বস্তুর রৈখিকভাবে পরস্পর আকর্ষণ করে। আর গতির দ্বিতীয় সূত্রটি ছিলো বল প্রয়োগে বস্তু সমদূরত্বে চলে যায়। এখানে একটি আকর্ষণ ও অন্যটি বল প্রয়োগ বোঝায়। দুই ভিন্ন জগতের দুটো বৈসাদৃশ্য নীতিকে সমতুল্য নীতি হিসেবে গ্রহণ করা যায় না। এভাবে দু' কূল রক্ষা করতে গিয়ে তিনি মহাকর্ষ সূত্র সঠিকভাবে সম্পন্ন করতে পারেননি।

আইনস্টাইন সমভিন্নতার নীতি নামে একটি নীতি প্রণয়ন করেন। প্রকৃতির নিয়ম সকল স্থানাঙ্কে অভিন্ন হবে। এই নীতির ফলে বিজ্ঞানের সকল বৈষম্য নীতি দূর করা সম্ভব হবে। সে নীতিটি হলো, প্রকৃতির নিয়মগুলো সকল স্থানাঙ্ক বিধিতে একই রকম হবে (The laws of nature retain their same form in all coordinate systems. –Prakash, 1985)[5]।

আইনস্টাইনের সার্বিক আপেক্ষিকবাদ চিরায়ত বলবিজ্ঞান ছাড়া আর কিছু নয় (The general theory of relativity is what is called a classical theory. –Hawking, 1993)[6]। এরূপ বলার কারণ কী? নিউটনের চিরায়ত বলবিজ্ঞান ইউক্লিডের রৈখিক ধারণার উপর প্রতিষ্ঠিত ছিলো। ইউক্লিডের সমতলীয় গণিতের রেখার ধারণা চিরায়ত বলবিজ্ঞানে রৈখিক গতির ধারণায় চলে আসে। এটা ছিলো গতির ভ্রান্ত ধারণা। কারণ গতি হবে গোলকীয় ও ঘূর্ণনশীল। গ্যালিলিও বলেছেন, পৃথিবী ও অন্যান্য গ্রহ সূর্যের চারদিকে ঘোরে। এই গোলকীয় গতি সার্বিক। আকাশে বিমান চলে, রেল লাইনে ট্রেন চলে ও পাকা রাস্তায় বাস চলে, এদের সামগ্রিক গতি রৈখিক বলে দৃশ্যমান হলেও প্রকৃতপক্ষে এদের চক্র ও ইঞ্জিনে গতি

www.banglainternet.com

উৎপন্ন প্রক্রিয়া বৃত্তীয় নিয়মে হয়। আইনস্টাইন বলেন, প্রকৃতির নিয়মগুলো অভিন্ন হবে। আইনস্টাইন আরো বলেন, দেশকাল ও মহাকর্ষ গোলকীয়। এই গোলকীয় নিয়মকে প্রতিষ্ঠিত করার জন্য আইনস্টাইন অভিন্ন সূত্র খুঁজেছিলেন। সেটাই আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সূত্র। কিন্তু মহাকর্ষ সূত্রে আইনস্টাইন যথাযথ সমীকরণ উপস্থাপন করতে পারেননি। রীম্যান-ক্রিস্টোফেল টেন্সরে দুই ধরনের সমীকরণ হয়। একটি হলো শূন্য টেন্সর এবং অপরটি হলো রিচি টেন্সর (There are two ways of contracting Riemann-Christofell Tensor, one way leads to Ricci Tensor which the other way leads to a Zero Tensor. –Prakash, 1985)[7]। এই রিচি টেন্সর হলো গোলকীয় টেন্সর। আইনস্টাইন গোলকীয় টেন্সর নিয়ে কাজ করেছেন। তিনি মহাকর্ষ সূত্রে ফিল্ড সমীকরণে একটি ক্ষুদ্র কণাকে সূর্য প্রদক্ষিণের সমীকরণ দিয়েছেন। এই সমীকরণের সর্বশেষ পরিণতি ত্বরণ/গোলকীয় টেন্সরের পরিবর্তে শূন্য টেন্সরে রূপান্তরিত হয়েছে ($R_{\mu\nu} = 0$)। এটা ছিলো বিজ্ঞান জগতে বিরাট বিপর্যয়। কারণ এই সমীকরণ নিউটনীয় গতির তৃতীয় সূত্রের সাথে সম্পর্কিত। এই জন্য সার্বিক আপেক্ষিকবাদকে চিরায়ত বলবিজ্ঞান হিসেবে আখ্যায়িত করা হয় (অধ্যায় ৫)।

আইনস্টাইন কোয়ান্টাম বলবিজ্ঞানের অন্যতম অগ্রদূত ছিলেন। কিন্তু তিনি আলোর দ্বৈত নীতি, কণা ও তরঙ্গ, মতবাদের জন্য কোয়ান্টাম বলবিজ্ঞান পরিত্যাগ করেন। প্রকৃত পক্ষে কোয়ান্টাম বলবিজ্ঞান ঐক্যবদ্ধ মতবাদে বাধা সৃষ্টি করেনি। আইনস্টাইনকে প্রভাবিত করেছিলো গ্রিকদের প্রবর্তিত সমতলীয় জ্যামিতি। এই সমতলীয় জ্যামিতির রৈখিক ধারণা দ্বারা আইনস্টাইন ও পূর্ববর্তী সকল বিজ্ঞানী ও গণিতবিদ প্রভাবিত হয়েছিলেন। কোয়ান্টাম বলবিজ্ঞানের চারটি মৌলিক বল রয়েছে। তবে মহাকর্ষ বাকি তিনটি মৌলিক বলকে নিয়ন্ত্রণ করছে (Gravitational Forces can dominate over all other forces. –Hawking, 1988)[8]। এভাবেই মহাকর্ষের সাথে মৌলিক বলগুলোর সমন্বয় চলে আসে। আইনস্টাইনের অলক্ষে মহাকর্ষ সূত্রে ঐক্যবদ্ধ ধারণা চলে এসেছিলো (অধ্যায় ১০)।

বিজ্ঞান জগতে এতদিন চলে এসেছে যে গতি রৈখিকভাবে অগ্রসর হয়। নিউটনের গতির সূত্রগুলোকে রৈখিক গতির উপর ভিত্তি করে দাঁড় করানো হয়েছিলো। আইনস্টাইন রৈখিক ধারণার উপর আঘাত হেনেছিলেন এভাবে যে স্থানকাল বক্র, মহাকর্ষ এবং মহাকর্ষ সূত্র গোলকীয় নিয়মে দিয়েছিলেন। একইভাবে ঐক্যবদ্ধ মতবাদ ঐ বিশ্বাসের মূলে আঘাত হেনেছে। এতোদিন মানুষ মিথ্যাকে সত্য বলে জেনেছে। গতি সর্বদা বৃত্তীয় নিয়মে সৃষ্টি হয় কিন্তু অনেক সময় রৈখিক বলে মনে হয়। গ্রহ-উপগ্রহ, বাস, ট্রেন ও যানবাহনের চাকা বৃত্তীয় নিয়মে ঘোরে। ঘূর্ণিঝড়, সাইক্লোন, উচ্চচাপ-নিম্নচাপ—এগুলো বৃত্তীয় গতিতে সৃষ্টি হয়। প্রাণীদের হাঁটা, দৌড়, লাফ, পাখিদের আকাশে উড়া ইত্যাদি বৃত্তীয় নিয়মে ব্যাখ্যা করা সম্ভব

www.banglainternet.com

হয়েছে। এভাবে গতি একটি সার্বিক ঐক্যে চলে আসে। গতিকে বৃত্তীয় ধরা হলে জড় বল, মহাকর্ষ বল, ব্যাসার্ধ বল, বৃত্তীয় ত্বরণ ও সময় একসাথে চলে আসে। তাতে প্রকৃতির অন্য কোনো বল অবশিষ্ট থাকে না (অধ্যায় ১৬)।

উপসংহারে বলা যায়, আইনস্টাইনের যেমন সাফল্য রয়েছে অনেক, তেমন ব্যর্থতাও রয়েছে অনেক। আইনস্টাইনের বিশেষ আপেক্ষিকবাদে আলোর গতিকে উচ্চতম গতি ধরে বস্তুকণার দ্রুতি পরিমাপের ব্যবস্থা করেছিলেন এবং একই সময়ে কিছু প্যারাডক্স উপস্থাপন করেছিলেন। তবে সেগুলো কেন হয় সেটার ব্যাখ্যা দেননি বলে বুঝতে জটিলতা সৃষ্টি হয়েছিলো। এখানে সেগুলোর ব্যাখ্যা দেয়া হয়েছে (অধ্যায় ৯)। তিনি বিশেষ আপেক্ষিকবাদকে সার্বিক আপেক্ষিকবাদের মহাকর্ষ সূত্রের অন্তর্ভুক্ত করতে পারেননি। তিনি আলোর বেগকে মহাকর্ষ প্রভাব থেকে অধিক গুরুত্ব দিয়ে ভুল করেছিলেন, সে কারণে সার্বিক আপেক্ষিকবাদ বিশেষ আপেক্ষিকবাদের অধীন চলে এসেছে। তাই তিনি সঠিকভাবে মহাকর্ষ সূত্র রচনা করতে পারেননি। তিনি ইথার মতবাদের পরিবর্তে বিদ্যুৎ-চুম্বকীয় তরঙ্গ মতবাদের প্রতিষ্ঠা করেন। সার্বিক আপেক্ষিকবাদের মুল উপজীব্য বিষয় হচ্ছে মহাকর্ষ সূত্র। আইনস্টাইন মহাকর্ষ সূত্রে গ্রহগুলোর সূর্য প্রদক্ষিণের সূত্র প্রদান করেন। তবে সে মহাকর্ষ সমীকরণটি ত্রুটিপূর্ণ ছিলো। ফলে এ সমীকরণ দ্বারা সার্বিক আপেক্ষিকবাদের মহাকর্ষ সূত্রের অন্যতম অনুমিত সিদ্ধান্ত, বুধ গ্রহের অনুসূরের অগ্রগমন পরিমাপ করা সম্ভব হয়নি। আইনস্টাইনের মহাশূন্য ধারণায় নিউটনীয় 'পরম স্থান' প্রভাব এবং মহাকর্ষ সমীকরণে গ্রিক জ্যামিতির রৈখিক ধারণার প্রভাব ছিলো। ফলে মহাকর্ষ সমীকরণ নিউটনীয় শূন্য টেন্সরে পরিণত হয়। সে সমীকরণে ত্বরণ টেন্সর আনার প্রয়োজন ছিলো। তবে সোয়ার্জচাইল্ড মহাকর্ষ সমীকরণটি বিন্যাস করে বুধ গ্রহের অগ্রগমন পরিমাপ করেছিলেন। কিন্তু এই সংশোধিত সমীকরণটি মহাকর্ষ সূত্র বা ঐক্যবদ্ধ সূত্র হিসেবে প্রতিষ্ঠা লাভ করেনি। আইনস্টাইন তখনো জীবিত ছিলেন, তিনি এই মহাকর্ষ সমীকরণটি সে আলোকে সংশোধন করতে পারতেন কিন্তু তিনি বিজ্ঞান জগতে তাত্ত্বিক জটিলতার জন্য সেটা করতে পারেননি। যা হোক আইনস্টাইনের এই ব্যর্থতাই অন্যকে ঐক্যবদ্ধ মতবাদ রচনায় উদ্বুদ্ধ করেছে।

Reference

1. Stachel, J., *Einstein's Miraculous Year*, Princeton University Press, 1998 Cover Page.
2. 4. Good, R. H., *Basic Concepts of Relativity*, East-West Press Pvt. Ltd. New Delhi, 1974 PP. 140, 79-81

www.banglainternet.com

৪. Hawking, S. W., *The Essential Einstein : His Greatest Works*, Penguin Books, 2007. P. 390
5. 7. Prakash, S., *Relativistic Mechanics*, Pragati Prakashan, Meerut, India, 1985, P. 344, 363
৬. Hawking, S. W., *The Black Holes and Baby Universes and Other Essays. Bantam Books*, NewYork, London, 1993, P. 91.
৪. Hawking, S. W., *A Brief History of Time*. Bantam Books, New York, London 1988, P. 74.

www.banglainternet.com

সময় কীভাবে চতুর্থ মাত্রা হলো?
(How Time Has Become Fourth Dimension?)

সময় কী? সময় চতুর্থ মাত্রা হলো কী করে? দেশকাল কী? দেশকাল একসাথে যুক্ত কেন? গণিতে গোলকীয় স্থানাঙ্ক কীভাবে সৃষ্টি করা হলো? গোলকীয় স্থানাঙ্কের সাথে সময় যোগ হলে কী হয়? কোন ধরনের সমীকরণের সাথে সময় যুক্ত হয়? এখানে এ বিষয়গুলো নিয়ে আলোচনা হলো।

কোনো বস্তু অক্ষে বা কক্ষে ঘূর্ণন হলে সময় সৃষ্টি হয়। পৃথিবী নিজ অক্ষে একবার ঘুরতে ২৪ ঘণ্টা সময় লাগে। প্রতি ঘণ্টাকে মিনিট ও সেকেন্ডে ভাগ করা হয়। আহ্নিক গতির উপর ভিত্তি করেই ঘড়ি গণনা করা হয়। আবার পৃথিবী সূর্যের চারপাশে কক্ষপথে একবার আবর্তন করলে ১ বছর ধরা হয়। এ আবর্তনকালে পৃথিবীর অক্ষে ৩৬৫ দিন ঘূর্ণন হয়। এখানে একবার কক্ষে আবর্তনের ভিতর ৩৬৫ দিন অক্ষে প্যাঁচালো ঘূর্ণন রয়েছে। এই হিসেবটা গোলমেলে। বার্ষিক গতির জন্য পৃথিবীর কত সময় লাগে সেটা হিসাব করা হয় না, আহ্নিক গতির সময় দ্বারা বার্ষিক গতির হিসাব করা হয়। ধরা যাক, বার্ষিক গতির এক মিনিটের ভিতর আহ্নিক গতির ২৪ ঘণ্টা বা এক দিন লুকায়িত রয়েছে এবং ৩৬৫ মিনিটে রয়েছে ৩৬৫ দিন। এভাবে হিসাব করলে পৃথিবীর বার্ষিক গতির সময় লাগে মাত্র ৩৬৫ মিনিট। পৃথিবীর উপরিভাগের পরিধি প্রায় ২৫ হাজার মাইল। পৃথিবী ২৪ ঘণ্টায় এই পরিধিটুকু একবার ঘোরে। ১ ঘণ্টায় পৃথিবী প্রায় ১ হাজার মাইল বেগে ঘোরে। অন্যদিকে পৃথিবীর বার্ষিক গতি প্রতি সেকেন্ডে প্রায় ২৯ মাইল। এতে দেখা যায়, পৃথিবীর আহ্নিক গতির সময় অতি স্থূল এবং বার্ষিক গতির সময় অতি দ্রুত। মহাকাশের প্রতিটি জ্যোতিষ্কের দু'ধরনের ঘূর্ণন ও সময় রয়েছে।

মহাকর্ষ প্রভাবে পৃথিবীর আহ্নিক গতি ও বার্ষিক গতি হয়। পৃথিবীর আহ্নিক গতির ফলে দিবারাত্রি হয়, দেশকালের ঘূর্ণন হয় এবং ঘড়ির সময় ঘণ্টা, মিনিট, সেকেন্ড, অক্ষাংশ, দ্রাঘিমাংশ ইত্যাদি গণনা করা হয়। অন্যদিকে বার্ষিক গতির প্রভাব ব্যাপক। পৃথিবীর বার্ষিক গতির সময় লাগে এক বছর এবং এর প্রভাবে ঋতু পরিবর্তন হয়। প্রতি দুই মাসে এক ঋতু, সাত দিনে এক সপ্তাহ, পনেরো দিনে এক পক্ষ, ত্রিশ দিনে একমাস এবং একশত বছরে এক শতাব্দী হয়। পৃথিবীর আহ্নিক ও

www.banglainternet.com

গার্ষিক গতির প্রভাবে দেশকাল বিবিধ সময়ভিত্তিক বণ্টন হয়েছে। এটার গাণিতিক ব্যাখ্যাও রয়েছে। এভাবে দেখা যায় দেশকাল (Space-time) পরস্পর জড়িত এবং অবিচ্ছিন্ন। দেশকালকে একত্রে স্থানকাল বা দেশকাল বলা হয়। এতোদিন মানুষ দেশকালকে বিচ্ছিন্নভাবে গণনা করে এসেছে। এটা ছিলো বলবিজ্ঞান ও গণিতে মানব জাতির এক ভ্রান্ত ধারণা।

প্রাচীন গ্রিকদের সময় থেকে গণিতে স্থান ও কাল ধারণা আলাদা ছিলো। ইউক্লিডীয় জ্যামিতির মধ্যে স্থানের দ্বিমাত্রা, দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ বিবেচনা করা হয়েছে। পরবর্তী কালে বেধ তৃতীয় মাত্রা হিসেবে যুক্ত হয়েছে। এখন স্থানের তিনমাত্রা হচ্ছে—দৈর্ঘ্য, প্রস্থ এবং বেধ। তখন স্থানের সাথে কালকে অভিন্নভাবে যুক্ত করা সম্ভব হয়নি। নিউটন একইভাবে 'পরম স্থান ও পরম কাল' মতবাদের প্রবক্তা ছিলেন। নিউটনের মতে স্থান ও কাল আলাদা। তাঁর মতে স্থান হচ্ছে ত্রিমাত্রিক এবং সময় একমাত্রিক ও অসীম। কাল স্থানের সাথে স্বাধীনভাবে যুক্ত হয়। নিউটন পদার্থবিজ্ঞানে জড়তার তিনটি সূত্র এবং একটি মহাকর্ষ সূত্র আলাদাভাবে দিয়েছেন। এভাবেই এতদিন চলে আসছিলো।

গণিতবিদ মিনকোস্কি প্রথম স্থানের তিনমাত্রার সাথে সময় যুক্ত করে চতুর্মাত্রিক জ্যামিতি সূচনা করেন। তাঁর মতে বাহ্যিক জগৎ ত্রিমাত্রিক নয়, এখানে সময়ও যুক্ত রয়েছে। তিনি বলেন, স্থান আলাদাভাবে এবং কাল আলাদাভাবে অদৃশ্য হয় কিন্তু দুয়ের মিলনই দেশকাল একত্রে প্রকাশ পায় (Henceforth space by itself, and time by itself, are doomed to fade away into mere shadows, and only a kind of union of the two will preserve an independent reality.–Good, 1974)[1]। মিনকোস্কির আলোচনায় স্থান ও কালের সংযোজন ব্যাখ্যা সঠিকভাবে আসেনি। আইনস্টাইন নতুনভাবে স্থান-কালের সংযোজনের ব্যাখ্যা দিয়েছেন। তিনি বিশ্বকে চারমাত্রিক বর্ণনা করেছেন। এ বিশ্ব একাধিক একক ঘটনা দিয়ে গঠিত এবং প্রতিটি চারটি সংখ্যা দিয়ে বিবরণ দেয়া হয় : তিনটি স্থানের এবং একটি কালের নির্দেশক (x, y, z, t)। আবার এ স্থানাঙ্কগুলো ক্ষুদ্র ক্ষুদ্রভাবে বিভক্ত করা যায়। সেগুলো হচ্ছে x_1, y_1, z_1, t_1 (The world is composed of individual events, each of which is described by four numbers, namely, three space co-ordinates x, y, z and a time co-ordinates, the time-value is 't'. –Einstein, 1961)[2]। আইনস্টাইন চতুর্মাত্রিক সমীকরণের ক্ষেত্রে লোরেন্স ট্রান্সফরমেশন নীতি অনুসরণ করেন। এ নীতিটি হলো—নিউটনের গ্যালিলিয়ান ট্রান্সফরমেশন অনুসারে আলোর বেগ এক জড় কাঠামো থেকে অন্য জড় কাঠামোতে গমন করলে পরিবর্তিত হয় কিন্তু সময় অপরিবর্তিত থাকে। অন্যদিকে আইনস্টাইনের বিশেষ আপেক্ষিকবাদে লোরেন্স ট্রান্সফরমেশন অনুসারে

www.banglainternet.com

আলোর বেগ এক জড় কাঠামো থেকে অন্য জড় কাঠামোতে গমন করলে অপরিবর্তিত থাকে কিন্তু সময় ভিন্ন হয়। এ নীতির পর্যাপ্ত ব্যাখ্যা নেই।

আইনস্টাইনের স্থান ও কালের সংযোজন ব্যাখ্যা পরিপূর্ণ হয়নি। গোলকীয় স্থানাঙ্ক কেন সৃষ্টি হলো? আবার গোলকীয় স্থানাঙ্কে সময় যুক্ত করা হলে গতিপথ কেমন হয়? এসব প্রশ্নের উত্তর আসেনি। গ্রহ-উপগ্রহ গোলক এবং যানবাহন চক্র নির্ভরশীল। গোলকীয় গতি ও চক্র গতি অভিন্ন। তাই সকল গতি গোলকীয়। গোলকের সাথে সময় যুক্ত করা হলে গোলকীয় গতি সৃষ্টি হয়। এভাবে গোলকীয় স্থানাঙ্ক সৃষ্টি হয়েছে এবং গতি সৃষ্টির জন্য গোলকীয় স্থানাঙ্কের সাথে সময় মাত্রা যুক্ত হয়েছে। গতিশীল বস্তুর সাথে সময় যুক্ত করা অপরিহার্য। অন্যথায় বস্তু গতিশীল হবে না। এ ধারণাগুলো সে যুগে অনুপস্থিত ছিলো। তাই আইনস্টাইনের মহাশূন্য সমীকরণ সঠিক নিয়মে আসেনি।

স্থানের তিন মাত্রা হচ্ছে রৈখিক স্থানাঙ্ক, এটার সাথে সরাসরি সময় যুক্ত করা যাবে না। এটাকে গোলকীয় স্থানাঙ্কে রূপান্তর করতে হবে। তিন মাত্রার সাথে গোলকীয় স্থানাঙ্ক বা মেট্রিক টেন্সরে (N) সংখ্যক মাত্রা যুক্ত করলে গোলকীয় স্থানাঙ্ক পাওয়া যায় এবং সময় মাত্রা যুক্ত করলে গোলকীয় গতি সৃষ্টি হয়। বস্তু গোলকীয় নিয়মে গতিশীল হয় এবং গোলকীয় নিয়মে সঠিক পরিমাপ পাওয়া যায় (অধ্যায় ১৮)।

দুভাবে গোলকীয় স্থানাঙ্ক সৃষ্টি করা যায়। প্রথমত : প্রচলিত নিয়ম হচ্ছে কার্টিসান ত্রিমাত্রিক স্থানাঙ্ক (x, y, z)-কে গোলকীয় স্থানাঙ্ক (r, θ, ϕ)-এ রূপান্তর করে এবং অন্যটি হচ্ছে ম্যাট্রিক টেন্সরে কার্টিসান ত্রিমাত্রিক স্থানাঙ্কে N সংখ্যক মাত্রা যুক্ত করে গোলকীয় স্থানাঙ্ক সৃষ্টি করা যায়। এখানে কার্টিসান ত্রিমাত্রিক স্থানাঙ্ক (x, y, z)কে কীভাবে গোলকীয় স্থানাঙ্ক (r, θ, ϕ)-এ রূপান্তর করা হয়েছে, সেটা (চিত্রে ১) দেখানো হলো—

www.banglainternet.com

$x = r \sin\theta \cos\phi$

$y = r \sin\theta \sin\phi$

$z = r \cos\theta$

(1) $\cos\theta = \frac{z}{r}$

$\therefore z = r\cos\theta$

(2) $\sin\theta = \frac{OB}{r}$

$OB = r \sin\theta$

$\text{Sin}\,\phi = \frac{OD}{OB}$

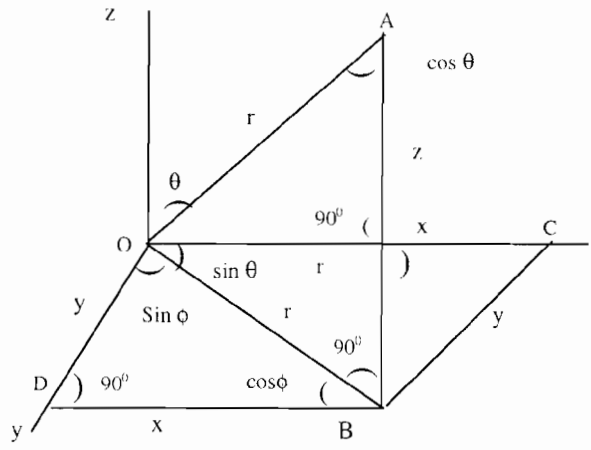
$\Rightarrow \sin\phi = \frac{y}{r\sin}$

$\therefore y = r \sin\theta \sin\phi$

(3) $\cos\phi = \frac{BD}{OB}$

$\Rightarrow \cos\phi = \frac{x}{r\sin}\theta$

$\therefore x = r \sin\theta \cos\phi$



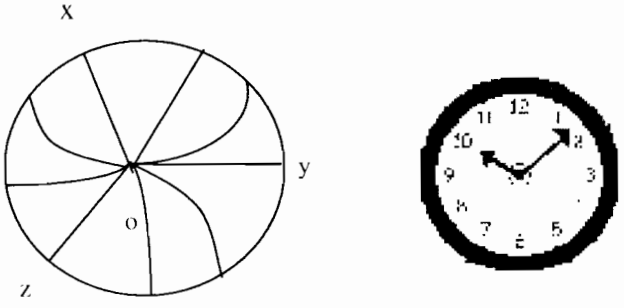
চিত্র ১ : কার্টিসান স্থানাঙ্ক x, y, z কে গোলকীয়

এখানে স্থানের (x, y, z) স্থানাঙ্ক মোট ছয়টি সূক্ষ্ম কোণে পরিবর্তন করা হয়েছে এবং এই কোণগুলোর সমষ্টি ৪ সমকোণ বা ৩৬০°। এই কোণগুলো মিলে গোলকীয় স্থানাঙ্ক সৃষ্টি করেছে। এই গোলকীয় স্থানাঙ্কে সময় (t) যুক্ত করা হলে গোলকীয় গতি সৃষ্টি হয়। এই কোণগুলোর নির্ণায়ক মান হচ্ছে :

www.banglainternet.com

$$dr^2+r^2d\theta^{\,2}+r^2\sin^2\theta do^2$$

দ্বিতীয়ত এই নিয়মটি গণিত শাখায় প্রচলিত নেই (অধ্যায় ৬)। কার্টিসান ত্রিমাত্রিক (x, y, z) স্থানাঙ্কে মেট্রিক টেন্সরে N সংখ্যক মাত্রা যুক্ত করে কীভাবে গোলকীয় স্থানাঙ্কে রূপান্তর করা হয় সেটা নিয়ে আলোচনা হলো। বস্তুর সাথে সময় যুক্ত হলে বস্তু ঘড়ির মতো ঘূর্ণন বেগে গতিশীল হয়। ঘড়িতে যে সময় গণনা করা হয়, সেটা পৃথিবীর আহ্নিক গতির সাথে সংগতিপূর্ণ। পৃথিবীর আহ্নিক গতির ঘূর্ণন না হলে সময় সৃষ্টি হবে না। সূর্য সকালে উদয় হবে না, সন্ধ্যায় অস্ত যাবে না এবং একই স্থানে স্থির থাকবে। পৃথিবীর আহ্নিক গতি, ঘড়ির কাটার ঘূর্ণন ও দেশকালের পরিবর্তন একই সূত্রে গাঁথা। গোলকের স্থানাঙ্কগুলোকে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্রভাবে বিভক্ত করা যায়, সেগুলো হচ্ছে ঘণ্টা, মিনিট ও সেকেন্ড। নিম্নের চিত্রে ম্যাট্রিক টেন্সরে N সংখ্যক গোলকীয় মাত্রার সাথে ঘড়ির সময় যুক্ত হলে কীভাবে ঘুর্ণন গতির সৃষ্টি হয়, সেটা (চিত্র ২) দেখানো হলো—



চিত্র ২ : N গোলকীয় স্থানাঙ্কের সাথে সময় যুক্ত হলো

রীম্যান ত্রিমাত্রিক রৈখিক স্থানাঙ্ক সৃষ্টি করেন এবং রৈখিক স্থানাঙ্ককে গোলকীয় স্থানাঙ্কে রূপান্তর করেন। যদি গোলকীয় স্থানাঙ্কে প্রতিটি মাত্রা (N) সংখ্যক পর্যন্ত থাকে, তবে সেটাকে N মাত্রিক বলা হয়। এ ধরনের সমীকরণ ম্যাট্রিক টেন্সর নামে খ্যাত। ম্যাট্রিক টেন্সর গোলকীয় স্থানাঙ্ক সৃষ্টি করে (অধ্যায় ৭)।

আইনস্টাইন সমসাময়িক গণিতের ক্রমশ ধারা অনুসরণ করে মহাকর্ষ সমীকরণ রচনা করেন। কিন্তু সমীকরণটি ত্রুটিপূর্ণ হওয়ায় সেটা দ্বারা বুধ গ্রহের অনুসূরের অগ্রগমন পরিমাপ করা সম্ভব হয়নি। তিনি নিউটনীয় সমীকরণ দ্বারা প্রভাবিত হয়েছিলেন এবং মহাশূন্য সমীকরণটি নিউটনীয় শূন্য টেন্সরে পরিণত হয়। শূন্য টেন্সর হচ্ছে উভয় পক্ষ সমান যেখানে ত্বরণ আসে না। আইনস্টাইনের মহাশূন্য জগত ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ফিল্ড ও পার্থিব জগতের বাইরে অবস্থিত (This is empty space without electromagnetic field and without matter. -

www.banglainternet.com

Hawking, 2007)[3]। আসলে সেটা কাল্পনিক জগৎ। তাই সেখানে শূন্য টেন্সর হয়েছে। সোয়ার্জচাইল্ড দুটো সমীকরণ দ্বারা আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সূত্রের ব্যাখ্যা দিয়েছিলেন। সোয়ার্জচাইল্ডের অলক্ষে বহিঃসমাধানে ত্বরণ গতি চলে এসেছিলো এবং তিনি এই সমীকরণ দ্বারা বুধ গ্রহের অনুসুরের অগ্রগমন পরিমাপ করেন। সোয়ার্জচাইল্ড সমীকরণ বিশ্লেষণ করলে দেখা যায়, জটিলভাবে স্থানের রৈখিক তিনমাত্রাকে গোলকীয় স্থানাঙ্কে রূপান্তর করে সময় (t) যুক্ত করা হয়েছে এবং বুধ গ্রহের অনুসুরের অগ্রগমন পরিমাপ করা হয়েছে। গোলকীয় জ্যামিতির সাথে সময় যুক্ত করা হলে, গোলক বৃত্তীয় নিয়মে গতিশীল হয়। তখনো বিষয়টি এভাবে জানা ছিলো না (অধ্যায় ৫, ৬, ১৮)।

উপসংহারে বলা যায়, এখানে সময় কীভাবে চতুর্থ মাত্রা হলো, সেটা আলোকপাত করা হয়েছে। দেশকাল (বস্তু) গোলকীয় নিয়মে গতিশীল হয়। গোলকীয় নিয়ম দুভাবে হয়। একটি হচ্ছে রীম্যানীয় গোলকীয় নিয়মে স্থানের তিনমাত্রা (x, y, z)কে গোলকীয় (r, θ, ϕ)-এ রূপান্তর করে গোলকীয় স্থানাঙ্ক পাওয়া যায়। অন্যটি হচ্ছে টেন্সর সমীকরণের সাথে N সংখ্যক মাত্রা যুক্ত করে গোলকীয় স্থানাঙ্ক পাওয়া যায়। উভয় ক্ষেত্রে গোলকীয় স্থানাঙ্কের সাথে সময় (t) মাত্রা যুক্ত করা হলে দেশকালের ঘূর্ণনগতি হয়। এতোদিন বিষয়টি জানা ছিলো না। এভাবে সময় চতুর্থ মাত্রা হিসেবে স্থানের তিন মাত্রার সাথে যুক্ত হয়েছে।

Reference

1. Good, R. H., *Basic Concepts of Relativity*, East-West Press Pvt. Ltd. New Delhi, 1974 P. 141
2. Einstein, A., *Relativity : The Special and the General Theory*, Three Rivers Press, New York, 1961, P. 61-62
3. Hawking. S. W., *The Essential Einstein : His Greatest Works*, Penguin Books., 2007. P. 390.
4. Tajuddin & Biswas, M. H. A. *Unification of the Theory of Albert Einstein by Cyclic Theory*. Asian J. Inform. Tech., 4 (10) : 962-970, 2005.

www.banglainternet.com

বস্তু ভর পেল কোথা থেকে?
(How Body Gets Mass?)

ভর কী? বস্তুর সাথে ভর যুক্ত হলো কী করে? ভরের সাথে মহাকর্ষের সম্পর্ক কী? মহাকর্ষ কীভাবে বস্তুকে ভর প্রদান করে? ভরের সূত্র কী? গতির সূত্র থেকে ভরের সূত্র পাওয়া যায় কীভাবে? এখানে এসব বিষয় নিয়ে আলোচনা হলো।

বস্তু মহাকর্ষ থেকে যে পরিমাণ ভর পায় সেটা জড় ভর (Inertial mass) নামে পরিচিত এবং এটাকে আপেক্ষিকবাদ ও চিরায়ত বলবিজ্ঞান অনুসারে প্রকৃত ভর বলা হয়। আর বস্তু মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ দ্বারা দ্বিগুণ আকর্ষণে যে পরিমাণ ভর পায়, সেটা হলো ওজন এবং ওজনকে অভিকর্ষ ত্বরণ দিয়ে ভাগ করলে মহাকর্ষ ভর পাওয়া যায় (Gravitational mass simply signifies the weight devided by g and the proper mass distinguished by prefixing the word inertial. – Born 1962)[1]। ভরের এই ধরনের ব্যাখ্যার সম্প্রসারণ করা হয়নি। মহাকর্ষ ভর ও জড় ভরের মধ্যে একটা অবিচ্ছেদ্য সম্পর্ক রয়েছে। মহাকর্ষ বিশ্বব্যাপী কিন্তু বস্তুর মহাকর্ষ ভর বস্তুকে আশ্রয় করে পাওয়া যায়। সাধারণভাবে বলা হয় বস্তুর মহাকর্ষ ভর বস্তুর জড় ভরের সমান। কিন্তু এই তথ্য সার্বিকভাবে সঠিক নয়। প্রকৃতপক্ষে মহাকর্ষ হতে প্রাপ্ত আকর্ষণ বস্তুর জড় ভরের ঘনত্বের সমানুপাতিক। বস্তুর জড় ভরের ঘনত্ব অনুসারে মহাকর্ষ ভর নির্ধারিত হয়। বিভিন্ন বস্তুর মধ্যে ঘনত্বের পার্থক্যের জন্য বস্তুর ভরের পার্থক্য হয়।

দুই বা ততোধিক বস্তুর মধ্যে আকর্ষণ হচ্ছে মহাকর্ষ। জড় জগৎ আকর্ষণ হতে কী পায়? বস্তু মহাকর্ষের নিকট থেকে আকর্ষণের মাধ্যমে ভর প্রাপ্ত হয়। তাই বস্তুর নিজস্ব ভর নেই। মহাকর্ষ একদিকে নিষ্ক্রিয় বস্তুকে ভর প্রদান করে প্রাণবন্ত করে তোলে এবং অন্যদিকে বস্তু প্রাণবন্ত হলে সক্ষমতা চলে আসে। আর বস্তু প্রাণহীন হলে সক্ষমতা চলে যায়, এটাই স্বাভাবিক। মহাকর্ষের প্রভাবে পৃথিবীর বার্ষিক গতি হয় এবং সাথে সাথে পৃথিবীর ঋতু পরিবর্তন হয়। ঋতু পরিবর্তনের আবেশে প্রাণীদের প্রজনন ও প্রজন্ম হয়। ঋতু পরিবর্তনের ফলে পৃথিবী ফুলে-ফলে ও তরুলতায় সুশোভিত হয়। প্রাণীকুল ভূ-পৃষ্ঠে উৎপাদিত লতাগুল্ম ও ফসলাদি খেয়ে বেঁচে থাকে। এইভাবে মহকর্ষ নিষ্ক্রিয় বস্তুকে ভর প্রদান করে প্রাণবন্ত করে এবং সক্ষম করে। একইভাবে কোনো ধাতব বস্তুকে উচ্চ গতিসম্পন্ন ক্ষুদ্র কণিকা দিয়ে

www.banglainternet.com

আঘাত করলে বস্তু প্রতিক্রিয়া করে (Photo-electric effect theory)। এটাও দেখার বিষয় মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে বস্তু কীভাবে চুপসে যায়? এখানে মহাকর্ষকে মহাজন হিসেবে আখ্যায়িত করা যায়। আর জড় জগৎ হচ্ছে ঋণগ্রহীতা। মহাকর্ষ জড় জগতকে আকর্ষণ করে। এই আকর্ষণই হচ্ছে ভর। জড় জগৎ মহাকর্ষ হতে ভর ধার করে। জড় জগৎ মহাজনের নিকট হতে এই ঋণ গ্রহণ করে ধন্য হয়। জড় জগতের এই ধারের উপরই ভরসা। ধার গ্রহণ ছাড়া জড় জগৎ এক নিমেষ চলতে পারে না। এই ধার দিয়েই মহাজন জড় জগতকে বৃত্তীয় নিয়মে নিয়ন্ত্রণ করছে।

আইনস্টাইনের $E = mc^2$ সূত্রকে শক্তি ও ভরের সমতুল্য না বলে সমানুপাতিক বলা হয়েছে কারণ বস্তু ভর অনুপাতে শক্তি অর্জন করে। এখানে বস্তুর ভর কীভাবে উৎপন্ন হয় সেটার ব্যাখ্যা দেয়া হয়নি। আইনস্টাইন পদার্থের অতি ক্ষুদ্রমানের কণার মধ্যে অফুরন্ত শক্তি রয়েছে—সে তথ্য দিয়েছেন। তার মানে বস্তুর অর্ন্তনিহিত শক্তির সমানুপাতিক বস্তুর ভর। এই সূত্র ভর ও শক্তির সমানুপাতিক নীতি প্রকাশ করে। এই সূত্রে E হলো শক্তি, m হলো ভর এবং c^2 আলোর গতির বর্গ। এখানে c^2 সংযুক্ত না করলেও হতো। কিন্তু এর উপস্থিতি এটাই বলে যে সামান্য একটু ভরের মধ্যে বিপুল পরিমাণ শক্তি লুকায়িত আছে (It is a very large quantity by conventional standards and it tells us that even a small mass represents a very great deal of energy in deed. –Calder, 1992)[2]। আইনস্টাইনের ($E = mc^2$) সূত্র অনুসারে ভরকে আলোর গতির বর্গ দিয়ে গুণ করলে শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। সেটাই প্রচার করা হয়েছে। কিন্তু শক্তি গতিহীন হলে ভরে পরিণত হয়, সেটা এতদিন অগোচরে ছিলো। এই সমীকরণকে ঘুরিয়ে দিলে ($M = ec^{-2}$) ভর সৃষ্টির সূত্র হিসেবে পাওয়া যায়। এখানে হচ্ছে M ভর, e শক্তি এবং c^{-2} আলোর গতির ইনভার্স স্কোয়ার। আলোর গতিকে ইনভার্স স্কোয়ার করা হলে গতি থেমে যায়। মহাকর্ষ স্থির বস্তুর উপর থেমে গেলে বস্তু ভর প্রাপ্ত হয় এবং একই নিয়মে গতিশীল বস্তুকে মহাকর্ষ ভরবেগ প্রদান করে (By gravitation static body stands to mass and moving body stands to acceleraton. – Tajuddin and Others, 2008)[3]। ঐক্যবদ্ধ মতবাদ ভর সৃষ্টির উপর সমভাবে গুরুত্ব আরোপ করছে। পদার্থের গতিশীলতাই গতিশক্তি বা ভরবেগ আর স্থিতিশীলতা স্থিতিশক্তি বা ভর। এখানে গতিশক্তি এবং স্থিতি শক্তি সমানুপাতিক (অধ্যায় ১৩, ১৪)।

যেভাবে মহাকর্ষ গতিশীল বস্তুর উপর প্রভাব বিস্তার করে ভরবেগ সৃষ্টি করে অনুরূপভাবে মহাকর্ষ স্থির বস্তুর উপর প্রভাব বিস্তার করে ভর সৃষ্টি করে। একই নিয়মে প্রচলিত গতির সূত্রগুলোকে ইনভার্স করা হলে ভরের সূত্র পাওয়া যায়। গতির সূত্রে বলের প্রতীক (F) এবং ভরের প্রতীক (M) রয়েছে। এগুলোকে ইনভার্স করলে ভরের সূত্র পাওয়া যায়। গতির দ্বিতীয় সূত্রকে ইনভার্স করা হলে দাঁড়ায়

www.banglainternet.com

(M = F /g) এবং একই ভাবে মহাকর্ষ সূত্রকে ভরের সূত্র হিসেবে রূপান্তর করা যায়। প্রয়োজনে প্রচলিত সূত্রগুলোকে কাজে লাগাতে হবে।

বলবিজ্ঞান সম্পর্কিত অনেক প্রশ্নের উত্তর বলবিজ্ঞানে নেই। তাই বলবিজ্ঞান একটি পরিপূর্ণ বিজ্ঞান হতে পারেনি। বলবিজ্ঞান থেকে গতি সম্পর্কিত সকল প্রশ্নের উত্তর দেয়া সম্ভব হচ্ছে না। গ্রহগুলো নিখুঁতভাবে সূর্যের চারদিকে ঘোরে কীভাবে? একটি বিমান এগুলো যাত্রী নিয়ে আকাশে নিখুঁতভাবে উড়ে কী করে? একটি ট্রেনে যে বল প্রয়োগ করা হয়, উহা কি সমগ্র ট্রেনের ভরের সমান? বলবিজ্ঞানে এসব আলোচনা হয় না বিধায় এসব প্রশ্নের উত্তর বিজ্ঞানসম্মত হয় না। এখানে সূর্যের আকর্ষণ গ্রহগুলোর ভরের সমান, আবার সুর্যের এই আকর্ষণ বৃত্তীয়। তাই এই আকর্ষণ দ্বারা গ্রহগুলো বৃত্তীয় নিয়মে নিখুঁতভাবে ঘুরছে। আবার একটি যাত্রীবাহী বিমানের ভর পৃথিবীর আকর্ষণের সমান। বিমানকে রানওয়ে গতিশীল করা হলে ভর মুক্ত হয়ে আকাশে সহজে উড়ে যায়। ট্রেন, বাস ও বিমানের নিচে চাকা যুক্ত থাকে তাই অল্প বল প্রয়োগে ওদেরকে গতিশীল করা যায়। এ সুবিধাকে যান্ত্রিক সুবিধা বলে। একটি ট্রেনের যে ভর থাকে তার তুলনায় খুব কম পরিমাণ বল প্রয়োগে গতিশীল করা হয়। এখানে ভর ও বল প্রয়োগ সমানুপাতিক। রেল স্টেশনে দেখা যায়, একটি মালবাহী বগি দুজন কুলি ধাক্কা দিয়ে মূল গাড়ির সাথে সংযোগ দেয়। বিমানবন্দরে একজন লোক একটি বিমানকে টেনে নিয়ে যেতে পারে। মূল কথা হচ্ছে জড় জগতের নিজস্ব ভর নেই। সে মহাকর্ষ হতে ভর প্রাপ্ত হয়। সেই ভররূপী আকর্ষণই গ্রহ-উপগ্রহগুলোকে বৃত্তীয় নিয়মে ঘুরাচ্ছে। একই নিয়মে বিমান ও যানবাহন যান্ত্রিক সুবিধাবলে গতিশীল হয়।

পৃথিবীর অক্ষ বা মেরুরেখা সর্বদা ২৩$^{১}/_{২}$ ডিগ্রি হেলে থাকে এবং সূর্যের চারদিকে পরিভ্রমণকালে ধ্রুব নক্ষত্রাভিমুখী হয়ে মেরুরেখা কক্ষতলের সাথে ৬৬ $^{১}/_{২}^{\circ}$ কোণে হেলে অবস্থান করে (The earth's axis is inclined to the plane of its orbit at an angle of 66 $^{1}/_{2}^{\circ}$ –Stembridge, 1994)[5]। ফলে পৃথিবীর মধ্যাঞ্চলে সূর্য লম্বভাবে কিরণ দেয় এবং মেরু অঞ্চলে সূর্য তির্যকভাবে কিরণ দেয়। একই কারণে পৃথিবীর মধ্যাঞ্চল অধিক পরিমাণে তাপ শোষণ করে স্ফীত হয় এবং মেরু অঞ্চল তাপ কম শোষণ করে চাপা হয়। পৃথিবীর মধ্যাঞ্চলে আকর্ষণ লম্ব হওয়ার কারণে অনুসূরকালে আকর্ষণ প্রবল হয় এবং অপসূরকালে আকর্ষণ কম হয়। পরিবর্তিত সমীকরণ ($M=ec^{-2}$) অনুসারে, পৃথিবীসহ সকল গ্রহের মধ্যভাগ অধিক সৌরশক্তি গ্রহণ করে স্ফীতি ঘটেছে। একই কারণে গ্রহগুলোর মধ্যভাগ মেরু অঞ্চলের চেয়ে পুরো। উল্লেখ্য সৌরশক্তি বস্তু কর্তৃক বাধাগ্রস্ত হলে বস্তু ভর প্রাপ্ত হয়। সূর্য থেকে পৃথিবী যে আলোকশক্তি পায় তার পরিমাণ ১.৩৫ x ১০^{৩} watt/m^{২}। ফলে সূর্যের ভর প্রতি সেকেন্ডে ৪.৫ x ১০^{৬} টন কমে যাচ্ছে (Rashid, 1984)[4]। গ্রহগুলো সূর্য থেকে নিঃসৃত ফোটন কণা শোষণ করছে এবং মধ্যভাগ বেশি করে স্ফীত হচ্ছে।

www.banglainternet.com

এখানে যেসব নতুন তথ্য পাওয়া গেছে তা হলো পৃথিবীর মধ্যাঞ্চল স্ফীত হওয়ার কারণে পৃথিবীর আকৃতি গোলক না হয়ে উপগোলকীয় হয়েছে। অনুসুর ও অপসুর কালে আকর্ষণের তারতম্যের জন্য পৃথিবী উপবৃত্তাকারে সূর্যকে প্রদক্ষিণ করে। পৃথিবীর বার্ষিক গতি এবং ভর প্রাপ্তির তারতম্যের জন্য দিবারাত্রির হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে এবং ঋতু পরিবর্তন হয়। পৃথিবীর মধ্যাঞ্চল ক্রমশ স্ফীত হওয়ার কারণে অনুসুরের অগ্রযাত্রা ঘটে এবং প্রতি শতাব্দীতে পৃথিবীর উপবৃত্তীয় আকৃতি বৃদ্ধি পাচ্ছে। তাই পৃথিবী শুরুতে গোলাকার ছিলো এবং বৃত্তাকারে সূর্যকে প্রদক্ষিণ করতো এবং ক্রমাগত ইহার গতি উপবৃত্তাকার হচ্ছে।

উপসংহারে বলা যায়, সৌর জগতের নিয়ন্ত্রক হচ্ছে সূর্য। এই সূর্য মহাকর্ষের উৎস। পৃথিবীর সাথে সূর্যের সম্পর্ক নিবিড়। মহাকর্ষ এই নিবিড় সম্পর্ক নিয়ন্ত্রণ করছে। পৃথিবী সূর্যের নিকট থেকে আকর্ষণের মাধ্যমে ভর প্রাপ্ত হয়। পৃথিবী এই ভরের মাধ্যমে মহাকর্ষের সাথে সম্পর্ক স্থাপন করে। সূর্য, পৃথিবী, মহাকর্ষ ও ভর এক সাথে জড়িত। বস্তু জগতে ভর খুবই গুরুত্বপূর্ণ। এ বিষয়গুলো নিয়ে পদার্থবিজ্ঞানে ব্যাপক আলোচনা থাকা প্রয়োজন। তবেই পদার্থবিজ্ঞান একটি পরিপূর্ণ বিষয় হিসেবে পরিগণিত হবে।

References

1. Born, M., *Einstein's Theory of Relativity*, Dover Publications, Inc. New York, 1965, P. 44
2. Calder, N., *Einstein's Universe*, Penguin Books, London 1992, P. 31
3. Tajuddin and Others, *Review of the Theory of Relativity*, Journal of Applied Sciences Research, 4(1) : 32-39, 2008.
4. Rashid, A. M. H., *Einstein & The Theory of Relativity*, Bangla Academy, Dhaka, 1984, P. 98.
5. Stembridge, J. H., *The world, A General Regional Geography*, Oxford University Press, Delhi, 1994, P. 4. 37

www.banglainternet.com

রৈখিক জ্যামিতি বনাম গোলকীয় জ্যামিতি : সত্যের উপর মিথ্যার প্রভাব

(Linear Geometry vs. Spherical Geometry False Riding on Truth)

রৈখিক গতি কী? রৈখিক জ্যামিতি কীভাবে উৎপত্তি হয়? রৈখিক গতি কৃত্রিম কেন? গোলকীয় গতি কী? গোলকীয় জ্যামিতি কীভাবে উৎপত্তি হয়? গোলকীয় গতি কেন প্রকৃত গতি? এতোদিন কীভাবে রৈখিক জ্যামিতি গোলকীয় জ্যামিতির উপর প্রাধান্য বিস্তার করেছে? এটা কি সত্যের উপর মিথ্যার প্রভাব নয়? আইনস্টাইন কোন ধরনের জ্যামিতি ব্যবহার করেছিলেন? তাতে সাফল্য আসেনি কেন? এখানে এসব বিষয় নিয়ে আলোচনা হলো।

প্রাচীন গ্রিকগণ পৃথিবীকে স্থির এবং সমতল মনে করতো। তাঁদের ধারণা ছিলো আকাশের চন্দ্র সূর্য গ্রহ তারা পৃথিবীকে আবর্তন করছে। সমতলীয় পৃথিবীর সপক্ষে তাঁরা সমতলীয় জ্যামিতি রচনা করেন। আর যে গতি সমতলে চলাকালে দিক পরিবর্তন করে না, সেটা রৈখিক গতি। সমতলীয় জ্যামিতিকে রৈখিক জ্যামিতি বলা হয়। গ্রিক গণিতবিদ পিথাগোরাস ও ইউক্লিড কর্তৃক এই সমতলীয় জ্যামিতি পরিপক্বতা লাভ করে। গ্রিকগণের জ্যামিতি খুবই প্রভাবশালী ছিলো। কিন্তু এটা গোলকীয় জগতের জন্য সঠিক জ্যামিতি নয়। ইউক্লিডের *Elements* নামক রৈখিক জ্যামিতি গ্রন্থ ইউরোপে রেনেসাঁ জাগরণ কাল থেকে শুরু করে ঊনবিংশ শতাব্দী পর্যন্ত বিদ্যালয়ে পাঠ্যপুস্তক হিসেবে পড়ানো হতো। কালক্রমে রৈখিক জ্যামিতির ধারণা পদার্থবিজ্ঞানে গতির জগতে প্রভাব বিস্তার করে। জার্মান দার্শনিক কান্ট ইউক্লিডীয় রৈখিক জ্যামিতি দ্বারা প্রভাবিত হয়েছিলেন। কান্ট ইউক্লিডীয় জ্যামিতিকে মানুষের সহজাত ধারণা হিসেবে গ্রহণ করেছিলেন। আইনস্টাইন বলেন, কান্ট এখানেই ভুল করে ছিলেন।

গ্যালিলিও-নিউটনের হাতে আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানের সূচনা হয়। এই দুই বিজ্ঞানী গ্রিক জ্যামিতি দ্বারা প্রভাবিত হয়েছিলেন। নিউটনের উপর ইউক্লিডের প্রভাব পড়েছিলো (Newton followed the model of Euclid's Elements which had long been a basis for the presentation of mathematical

www.banglainternet.com

investigations.–Fauvel, 1988)[1]। ইউক্লিডীয় জ্যামিতির রৈখিক ধারণার প্রভাবে নিউটন গতির প্রথম, দ্বিতীয়, তৃতীয় এবং মহাকর্ষ সূত্রের অবতারণা করেছিলেন। নিউটন গতির প্রথম সূত্রে বলেছেন 'গতিশীল বস্তু সমবেগে সরলরেখায় চলতে থাকে।' পদার্থবিজ্ঞানে রৈখিকগতি ও গোলকীয় গতির দুই বিপরীতধর্মী ধারণা একসাথে চলতে পারে না। কিন্তু আশ্চর্যের বিষয় এক সাথে চলে আসছে। বিশ্লেষণ করলে দেখা যায়, ইউক্লিডীয় ও গ্রিক চিন্তাধারা একদিকে রেনেসাঁ জাগরণে যতটা সহায়তা করেছে, অন্যদিকে বিজ্ঞানের অগ্রগতির পথে ততটা বাধা সৃষ্টি করেছে।

ইউক্লিডীয় সমতলীয় জ্যামিতির উপর ভিত্তি করে রৈখিক বীজগণিতের (Linear Algebra) উদ্ভব হয়। একঘাত বিশিষ্ট সমীকরণগুলো রৈখিক জ্যামিতির উদাহরণ। যে সব সমীকরণে এক বা একাধিক চলক থাকে সেটা এক ঘাত বিশিষ্ট সমীকরণ কিন্তু চলকের উপর কোনো মান থাকবে না (An equation in two or more variables is linear if it contains no terms of the second degree, that is, if it contains no products or powers of the variables-Rahman, 1993)[2]। রৈখিক বীজগণিতে মেট্রিক্স, নির্ণায়ক ও ভেক্টর আলোচিত হয়। আবার রৈখিক কার্টেসীয় স্থানাঙ্কের মাধ্যমে বীজগণিতে দ্বিমাত্রিক ও ত্রিমাত্রিক জগৎ আলোচিত হয়। তাই বীজগণিতে ব্যাপকভাবে রৈখিক জ্যামিতির প্রভাব রয়েছে। কিন্তু গোলকীয় জ্যামিতি সেভাবে প্রতিষ্ঠা লাভ করতে পারেনি।

প্রাচীন ইউক্লিডীয় জ্যামিতি থেকে যে সমতলীয় জগৎ গড়ে উঠেছে, সেটা আজো বহমান। এমনকি আজকাল বিজ্ঞান জগতের যে সকল মতবাদ গড়ে উঠেছে, সেটার মূলে রয়েছে স্থানকাল মসৃণ এবং প্রায় সমতল। সেখানে বৈজ্ঞানিক তত্ত্বগুলো ভেঙে পড়ে। (In fact, all our theories of science are formulated on the assumption that space-time is smooth and nearly flat. –Hawking, 1988)[3]।

পৃথিবীর সমতলীয় ধারণার সাথে সংগতি রেখে ইউক্লিড সমতলীয় জ্যামিতির সৌধ রচনা করেছিলেন (...noble building of Euclid's geometry... the magnificent structure. –Einstein, 1961)[4]। ইউক্লিডীয় জগতে রৈখিক পরিমাপ রয়েছে কিন্তু গতির পরিমাপ সম্পর্কে কোনো স্বীকার্য বা দিক-নির্দেশনা ছিলো না। অবশ্য তখন গতি বিজ্ঞানের জন্ম হয়নি। মূলত গ্যালিলিও-নিউটনের হাতে চিরায়ত বল বিজ্ঞানের জন্ম হয়। চিরায়ত বলবিজ্ঞানে গতির তিনটি সূত্রে এবং মহাকর্ষ সূত্রে রৈখিক গতির কথা বলা হয়েছে। চিরায়ত বলবিজ্ঞান গতির রৈখিক ধারণার উপর প্রতিষ্ঠিত। ইউক্লিডীয় জ্যামিতির রৈখিক ধারণা দিয়ে নির্ভুলভাবে গতি পরিমাপ করা সম্ভব নয় (Euclidian geometry was no longer sufficient to describe the universe. –Strathern, 1997)[5]। রৈখিক জ্যামিতি মানব জাতির অগ্রগতির পথে বাধা সৃষ্টি করেছে। এটা ভিত্তিহীন ও অনগ্রসর

www.banglainternet.com

জ্যামিতি। এই জ্যামিতি ব্যবহার করে সর্বজনীন সত্যে পৌঁছা সম্ভব নয়। এটা থেকে মানবজাতির আশু মুক্তির প্রয়োজন। সত্যিকার পরিমাপের জন্য রৈখিক জ্যামিতি পরিহার করতে হবে। সেখানে গোলকীয় জ্যামিতি চলে আসবে। গোলকীয় জ্যামিতি দ্বারা বিশুদ্ধ পরিমাপ সম্ভব।

গোলকীয় গতি কী? গোলকীয় গতি কীভাবে উৎপত্তি হয়

মহাকর্ষ জগতে রৈখিক গতি হয় না, গতি সর্বদা গোলকীয় নিয়মে হয়। প্রথমত সপ্তদশ শতাব্দীতে গ্যালিলিও টেলিস্কোপ দিয়ে আকাশ পর্যবেক্ষণ করে বলেন যে পৃথিবীসহ অন্যান্য গ্রহ সূর্যের চারদিকে ঘোরে। একইভাবে সকল যানবাহন চক্র সংযোগে ঘূর্ণন গতিতে চলে। অগ্নি প্রজ্বলনের মতো যানবাহনে চক্র সংযোগ ছিলো প্রাগৈতিহাসিক লোকদের এক মহান আবিষ্কার। কিন্তু চিরায়ত বলবিজ্ঞানে এই আবিষ্কার গোলকীয় গতির সূত্র হিসেবে সার্বিকভাবে প্রতিষ্ঠা লাভ করেনি। অর্থাৎ চিরায়ত বলবিজ্ঞানে রৈখিক গতির পরিবর্তে গোলকীয় গতি স্থান দখল করেনি। পরবর্তীকালে গণিতবিদ রীম্যান রৈখিক ধারণাকে গোলকীয় ধারণায় রূপান্তর করেন। তবে সেটা বলবিজ্ঞান ও গণিত জগতে তেমন স্বীকৃতি আসেনি (অধ্যায় ৭)।

দ্বিতীয়ত আইনস্টাইন বলেন যে স্থানকাল বক্র, মহাকর্ষ বক্র, আর কাল সর্বজনীন নয় (Space becomes curved and so did time, Strathern, 1997)[6]। আইনস্টাইনের মতে স্থানকাল বক্র বলেই মহাকর্ষ বক্র হয়েছে। মহাকর্ষ বক্র বলেই পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘোরে। যদি আলো বক্রগতিতে পরিভ্রমণ করে তবে সময় সরল গতিতে দ্রুত গমন করতে পারে না। এটার গতিও বক্র হবে (If light travelled in a curve, than time could not travel in a faster straight line, it had to travel in a curve too. –Strathern, 1997)[7]। আইনস্টাইন গোলকীয় নিয়মে মহাকর্ষ সূত্র দিয়ে ছিলেন। এখানে বক্র এবং গোলকীয় অভিন্ন অর্থে চলে এসেছে। আইনস্টাইন আরো বলেন প্রকৃতির নিয়মগুলো সর্বত্র অভিন্ন বিধিতে হবে (Nature retains their same form in all coordinate system. – Prakash, 1985)[8]। এই পর্যবেক্ষণগুলোকে সমন্বয় করা হলে গতি অভিন্ন গোলকীয় নিয়মে চলে আসে। তখন রৈখিক গতি কার্যকর থাকে না। সেখানে গোলকীয় গতি প্রতিষ্ঠা লাভ করে। কারণ প্রকৃতির মাঝে দুটো নিয়ম এক সাথে চলতে পারে না।

রীম্যান গোলকীয় জ্যামিতি উদ্ভাবন করেন। কিন্তু তৎকালীন সময়ে রীম্যানীয় গোলকীয় জ্যামিতির তাৎপর্য অনুধাবন করা সম্ভব হয়নি বরং রীম্যানীয় জ্যামিতিকে ক্রিস্টোফেল জ্যামিতির সাথে সংযোজন করে বিকৃত করা হয়। আইনস্টাইন পূর্বসূরিদের বিকৃত জ্যামিতি আপেক্ষিকবাদ ও গণিতে ব্যবহার করেছেন। ফলে

www.banglainternet.com

সঠিক ফলাফল আসেনি। আপেক্ষিকবাদে রৈখিক গতিকে গোলকীয় গতিতে রূপান্তর করা হয়। ফলে জ্যামিতি জটিলতর হয়েছে। এটা ছাড়া ভিন্ন কোনো উপায় ছিলো না (অধ্যায় ৬, ৭)।

এই জগৎ গোলক, এই জগৎ ঘূর্ণনশীল, এই জগতে মহাকর্ষ রয়েছে এবং এখানে সকল গতি ত্বরণ প্রাপ্ত হয়। কিন্তু এখানে সাধারণ স্তরে গোলকীয় গতি প্রচলিত নেই। ফলে বলবিজ্ঞান ও গণিতে গতি পরিমাপে জটিলতা সৃষ্টি হয়েছে। জ্যামিতি শাস্ত্রে কার্টিসান রৈখিক স্থানাঙ্ক (x, y, z)কে গোলকীয় স্থানাঙ্ক (r, θ, ϕ)-এ রূপান্তর করা হয়। আবার মেট্রিক টেন্সরে N সংখ্যক মাত্রা যুক্ত করে গোলকীয় জ্যামিতি সৃষ্টি করা হয়। তারপর গোলকীয় জ্যামিতিতে সময় যুক্ত করে ঘূর্ণনগতিতে রূপান্তর করা হয়। গোলকীয় গতি রৈখিকভাবে প্রকাশ করতে কোনো অসুবিধা নেই। কিন্তু প্রচলিত রৈখিক জ্যামিতি জটিলতা সৃষ্টি করেছে। এর একটি উদাহরণ দেয়া হলো : বাস সড়ক পথে এবং ট্রেন রেল লাইনে চলে। এরা চাকার উপর ভর দিয়ে ঘূর্ণন গতিতে চলে কিন্তু চিরায়ত বলবিজ্ঞানে ওদের উপর মহাকর্ষ প্রভাব ও ঘূর্ণন গতি বাদ দিয়ে শুধু রৈখিক গতি ধরা হয়। ঘূর্ণন গতি ধরা হলে রৈখিক গতি ও ত্বরণ একসাথে চলে আসে। ঐক্যবদ্ধ মতবাদে গতি পরিমাপে একই সাথে দুটো সুবিধা পাওয়া যায়। ঐক্যবদ্ধ সূত্রে বৃত্তীয় নিয়মে ত্বরণ গতি প্রকাশ পায় কিন্তু রৈখিক গতিতে পরিমাপ হয়। বাস ও ট্রেন বৃত্তীয় গতিতে চলে কিন্তু সামগ্রিকভাবে রৈখিক পরিমাপ ধরা হয় (অধ্যায় ৫, ৬)।

মহাকর্ষ জগতে সকল গতি গোলকীয় হয় এবং এই গতি ত্বরণ সম্পন্ন হয়। বক্রগতি, গোলকীয় গতি ও বৃত্তীয় গতি অভিন্ন। মহাকর্ষ জগতে ত্বরণ গতি ব্যতীত ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সমান হয় না। আবার মহাকর্ষ জগতে এককভাবে জড়তার সূত্র হয় না কিংবা এককভাবে মহাকর্ষ সূত্র হয় না। মহাকর্ষ জগতে দুটো সূত্রকে একত্রে সমন্বয় করতে হয়। আইনস্টাইন চিরায়ত বলবিজ্ঞানের জড়তার সূত্র এবং মহাকর্ষ সূত্রের উৎপত্তি অভিন্ন ভিত্তি হিসেবে বর্ণনা করেছেন। আর সেটাই হচ্ছে ঐক্যবদ্ধ সূত্র (Two phenomena of inertia and attraction (gravitation) which are so different in Newton's formulation must have a common root. – Born, 1965)[9]। কিন্তু আইনস্টাইন সেটাকে পরিপূর্ণ রূপ দিতে পারেননি। কারণ আইনস্টাইনের পরিকল্পনা ও সমীকরণে সীমাবদ্ধতা ছিলো। তাঁর মহাশূন্য ধারণা ছিলো কাল্পনিক এবং এই মহাশূন্য ধারণা ও সমীকরণ তাঁকে নিউটনীয় সমতলে নামিয়ে দিয়েছে।

প্রাচীন গ্রিকদের জ্যোতির্বিজ্ঞানে মহাকর্ষহীন ধারণা বিরাজমান ছিলো। তাই গ্রিক যুগে পৃথিবীকে সমতল ধরে সমতলীয় জ্যামিতির প্রচলন হয়। গ্রিকদের অনুকরণে গ্যালিলিও-নিউটনের হাতে রৈখিক গতির ধারণা সূত্রপাত হয়েছিলো। কিন্তু পৃথিবী সমতল নয় এবং মহাকর্ষহীনও নয়। ফলে রৈখিক গতির ভিত্তিমূল আর নেই।

www.banglainternet.com

সুতরাং রৈখিক গতির ধারণা কৃত্রিম ও ভিত্তিহীন। এতদিন রৈখিক গতির ভ্রান্ত ধারণাই রাজত্ব করে আসছে। পৃথিবী গোলক ও ঘূর্ণনশীল। এখানে সকল গতি বৃত্তীয় নিয়মে উৎপন্ন হয় ও গতিশীল হয়। মহাকর্ষ জগতে রৈখিক গতির পরিবর্তে বৃত্তীয় গতির ধারণাই প্রতিষ্ঠিত করতে হবে।

আইনস্টাইন ইউক্লিডীয় রৈখিক গতির সমালোচনা করেছিলেন এবং গোলকীয় গতির প্রবক্তা ছিলেন। কিন্তু তিনি রৈখিক গতির প্রভাব থেকে মুক্তি পাননি। আধুনিক বলবিজ্ঞান ও গণিতে রৈখিক জ্যামিতির প্রভাব অত্যন্ত প্রবল। রৈখিক জ্যামিতি এবং গোলকীয় জ্যামিতির মধ্যে অনেক ব্যবধান রয়েছে। এখানে রৈখিক গতি এবং গোলকীয় গতির বৈশিষ্ট্যের তুলনামূলক আলোচনা হলো—

রৈখিক গতির বৈশিষ্ট্য	গোলকীয় গতির বৈশিষ্ট্য
১. মহাকর্ষহীন দ্বিমাত্রিক জগতে রৈখিক ধারণা কল্পনা করা হয়।	১. মহাকর্ষ জগতে মহাকর্ষ প্রভাবে গতি গোলকীয় হয়।
২. মহাকর্ষহীন জগতে রৈখিক গতির সমীকরণে লব্ধি সর্বদা শূন্য হয়।	২. মহাকর্ষ জগতে গোলকীয় গতির সমীকরণে সর্বদা ত্বরণ গতিতে শুরু হয়।
৩. মহাকর্ষহীন জগতে ক্রিয়া প্রতিক্রিয়া সমান হয়।	৩. মহাকর্ষ জগতে ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া বেশি হয়।
৪. মহাকর্ষহীন জগত কাল্পনিক বিধায় রৈখিক গতিও কাল্পনিক	৪. মহাকর্ষ জগত বাস্তব জগত এবং এখানে গতি গোলকীয় নিয়মে হয়।

টেবল ১ : রৈখিক গতি এবং গোলকীয় গতির বৈশিষ্ট্যসমূহ

উপসংহারে বলা যায়, এই পৃথিবী মহাকর্ষ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত। এখানে সকল গতি গোলকীয় নিয়মে পরিচালিত হয়। মহাকর্ষ পরিচালিত জগতে রৈখিক গতি হতে পারে না। কিন্তু এখানে সকল গতির সূত্র রৈখিক নিয়মে রয়েছে। এই রৈখিক সূত্রগুলোকে গোলকীয় সূত্রে রূপান্তর করতে হবে। রীম্যান গোলকীয় সূত্র দিয়েছেন কিন্তু সেটা প্রতিষ্ঠা লাভ করেনি। সে ধারণাকেই প্রতিষ্ঠা করতে হবে। গ্যালিলিওর পক্ষে সূর্য কেন্দ্রিক জ্যোতির্বিজ্ঞান প্রতিষ্ঠা করা যেমন কঠিন ছিলো, এটাও ঠিক তেমন কঠিন কাজ। তবে এ-কাজে পিছপা হলে চলবে না (অধ্যায় ৬, ৭)।

www.banglainternet.com

Reference

1. Fauvel, J. et.al., *Let Newton Be*, Oxford University Press, UK 1988, P. 49
2. Rahman, M. A., *College Linear Algebra*, Nahar Book Depo. & Publications, Banglabazar, Dhaka, 1993, P. 1
3. Hawking, S. W., *A Brief History of Time*. Bantam Books, New York, London 1988, P. 50
4. Einstein, A., *Relativity : The Special and the General Theory*, Three Rivers Press, New York, 1961, P. 3-5.
5, 6, 7. Strathern, p., *Einstein and Relativity*, Arrow Books Ltd, Random House, 20 Vauxhall Bridge Road, London UK. 1997, P. 72, 78.
8. Praksh, S. *Relativistics Meachanics*, Pragati Prakashan, Meerit, India, 1990, P. 383.
9. Born, M., *Einstein's Theory of Relativity*, Dover Publications, Inc., New York 1965, P. 313, 18-19.

www.banglainternet.com

সঠিক জ্যামিতির সন্ধানে : শূন্য টেন্সর বনাম ত্বরণ টেন্সর
(In Search of Right Geometry)

সমীকরণ ও টেন্সরের মধ্যে প্রভেদ কী? শূন্য টেন্সর কখন হয়? গতির কখন শূন্য টেন্সর হয়? নিউটনীয় গতির সূত্রে শূন্য টেন্সর হয় কেন? অপর দিকে ত্বরণ টেন্সর কী? ত্বরণ টেন্সর কোন ধরনের সমীকরণে ব্যবহার হয়? নিউটন ও আইনস্টাইন কোন জগতের প্রতিনিধিত্ব করেন? এখানে এ বিষয়গুলো নিয়ে আলোচনা হলো।

সমীকরণ হচ্ছে বীজগণিতে এক ধরনের পদ্ধতি যেখানে দুই পক্ষকে সমতাকরণ করা হয়। আবার টেন্সরও এক ধরনের সমীকরণ। কোনো ভৌত রাশির সাথে একাধিক দিক (Vector) জড়িত থাকলে সমীকরণকে টেন্সরের মাধ্যমে বিশ্লেষণ করতে হয়। শূন্য টেন্সর ও ত্বরণ টেন্সর গণিতে নতুন ধারণা। তবে এ দুটো ধারণা পদার্থবিজ্ঞানে ছদ্মবেশে বিদ্যমান ছিলো। শূন্য টেন্সরের ধারণা নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্রের সাথে সংযুক্ত কিন্তু এটা এই নামে সংযুক্ত হয়নি। তখন এটার নাম ছিলো ভরবেগ সংরক্ষণ বা ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সমান। আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সূত্র বিশ্লেষণে দেখা যায় সোয়ার্জচাইল্ড এটাকে শূন্য টেন্সর নাম দিয়েছেন। কারণ এখানে প্রতিক্রিয়াতে অতিরিক্ত কোনো লব্ধি (Resultant force) থাকে না। উভয় পক্ষ সমান থাকে। তাই এটার নাম দেয়া হয়েছে শূন্য টেন্সর বা শূন্য সমীকরণ। শূন্য টেন্সর বা সমীকরণের উদাহরণ হলো F (বল) = -F, বা 2F = 0।

শূন্য টেন্সর কী? রৈখিক গতি থেকে শূন্য টেন্সর উৎপত্তি হয়। নিউটনের বিজ্ঞানচর্চার দর্শন ছিলো 'পরম স্থান' ও 'পরম কাল'। এখানে স্থান যেমন অসীম, কাল তেমনি আলাদাভাবে অসীম। এ দুয়ের মধ্যে সম্পর্ক ছিলো না। স্থানের তিন মাত্রা ধরা হলেও কালের কোনো মাত্রা ছিলো না। নিউটন জড় জগতের বা স্থানের উপর তিনটি গতির সূত্র দিয়েছিলেন। এগুলোকে জড়তার সূত্র বলে। কালের কোনো সূত্র দেননি। তিনি মহাকর্ষের জন্য আলাদাভাবে একটি সূত্র দিয়েছিলেন। সেটা মহাকর্ষ সূত্র নামে খ্যাত। নিউটনীয় মহাকর্ষ সূত্র এবং আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সূত্রের মধ্যে কোনো মিল নেই। নিউটনীয় মহাকর্ষ সূত্র দ্বারা দুটো বস্তুর রৈখিকভাবে আকর্ষণের মান বের করা হয়। তবে এই আকর্ষণের মানই বস্তুর ভর। কিন্তু আইনস্টাইন

www.banglainternet.com

মহাকর্ষ সূত্র দ্বারা গ্রহগুলোর সূর্য প্রদক্ষিণের সমীকরণ দিয়েছেন। নিউটনীয় মহাকর্ষ সূত্র যে বিশ্বকে নিয়ন্ত্রণ করছে, সেটা মহাকর্ষ সূত্রে প্রতিফলিত হয়নি। এই সূত্রটির গঠনগত ব্যাখ্যা নেই। আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সূত্র ব্যাপক এবং এটাকে ঐক্যবদ্ধ সূত্রের প্রাথমিক ধারণা হিসেবে গ্রহণ করা যায়। তবে আইনস্টাইন যে মহাকর্ষ সূত্র দিয়েছেন সেখানে ত্বরণ গতি সংযোগ করতে পারেননি। কারণ হচ্ছে আইনস্টাইনের উপর গ্রিক সমতলীয় জ্যামিতি ও চিরায়ত বলবিজ্ঞানের রৈখিক গতির প্রভাব ছিলো। ফলে আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সমীকরণ শূন্য টেন্সরে পরিণত হয়েছিলো। আপেক্ষিকবাদে নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্র এবং মহাকর্ষ সূত্র সমকক্ষ ধরা হয় (Experiment has exhibited a remarkable relationship between gravitation and inertia, what is expressed in the law of the equality of gravitational and inertial mass. –Born, 1962)[1]। আইনস্টাইন এটাকে সমতুল্য নীতি হিসেবে ধরেছেন। তবে এটাকে সমতুল্য নীতি না বলে সমানুপাতিক নীতি ধরতে হবে। কারণ বস্তু মহাকর্ষ হতে ভর (পদার্থ) অনুপাতে জড় ভর প্রাপ্ত হয়। তাই সমতুল্য ধারণার পরিবর্তে সমভর, সমত্বরণ, সমানুপাত ইত্যাদি ধারণা চলে আসে। ঐ যুগে আইনস্টাইন এভাবে চিন্তা করতে পারেননি বলে বিপর্যয় সৃষ্টি হয়েছে। নিউটন গতির সূত্রগুলোর গতি রৈখিক ধরেছেন। নিউটন জড়তার সূত্র ও মহাকর্ষ সূত্র রৈখিক নিয়মে দিয়েছেন। তিনি গ্রিকদের নিকট হতে পৃথিবী সমতল এবং সরল রেখার ধারণা দ্বারা প্রভাবিত হয়েছিলেন। যদিও নিউটন মহাকর্ষ সূত্র দিয়েছিলেন কিন্তু জড়তার সূত্রগুলোকে মহাকর্ষের সাথে সংযুক্ত করতে পারেননি। ফলে গতির সূত্রগুলো সঠিকভাবে আসেনি এবং জড়তার তিনটি সূত্র মহাকর্ষহীন জগতের সূত্রে পরিণত হয়েছে। সেটা স্পষ্টভাবে প্রতিফলিত হয়েছে গতির তৃতীয় সূত্রে। সেখানে তিনি ভরবেগ সংরক্ষণ সূত্র দিয়েছেন এভাবে—একাধিক বস্তুর মধ্যে ক্রিয়া এবং প্রতিক্রিয়া ভিন্ন অন্য কোনো বল না থাকলে যে কোনো দিকে তাদের মোট রৈখিক ভরবেগের কোনো পরিবর্তন ঘটে না (When two or more bodies act upon one another, their total momentum remains constant, provided no external forces are acting. –Abbott, 1997)[2]। সূত্রটিতে শর্ত রয়েছে যে 'অন্য কোনো বল না থাকলে' কিন্তু এখানে মহাকর্ষ বল রয়েছে এবং মহাকর্ষ বল সকল গতিকে প্রভাবিত করে বিধায় ভরবেগ সংরক্ষিত হয় না। এখানে ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া অধিক হয়। মহাকর্ষ যে সকল গতিকে প্রভাবিত করে সেটা তখন বিজ্ঞানীদের পক্ষে জানা ছিলো না। ফলে নিউটন ভরবেগ সংরক্ষণের উপর নির্ভর করে গতির তৃতীয় সূত্রটি দিয়েছেন এভাবে—প্রত্যেক ক্রিয়ার সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া রয়েছে (To every action, there is an equal and opposite reaction. –Abbott, 1997)[3]। তাই ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র ও গতির তৃতীয় সূত্র সঠিকভাবে সৃষ্টি হয়নি। সোয়ার্জচাইল্ড ও বিজ্ঞান লেখকগণ এটাকে শূন্য টেন্সর হিসেবে আখ্যায়িত করেছেন কারণ এখানে অতিরিক্ত কোনো লব্ধি নেই।

www.banglainternet.com

রেসনিক ও হালিডে বলেন, গতির তৃতীয় সূত্রে বাহ্য বলের লব্ধি সর্বদা শূন্য হয় (The resultant force on a body would always be zero. –Resnick and Halliday, 1966)[4]। একইভাবে নিউটনের জড়তার সূত্র ও মহাকর্ষ সূত্র শূন্য টেন্সরের অন্তর্ভুক্ত হয়েছে। এভাবে ভুল পথে নিউটন মহাকর্ষহীন জগতের প্রতিনিধিত্ব করেছেন যা মহাকর্ষ নিয়ন্ত্রিত জগতে কার্যকরী নয়। তাই নিউটনীয় গতির সূত্রগুলো মহাকর্ষহীন জগতের সূত্রে পরিণত হয়েছে (অধ্যায় ১৩, ১৪)।

মহাকর্ষহীন জগতের প্রতিনিধিত্বকারী নিউটনীয় গতির তৃতীয় সূত্রটির তিনটি বৈশিষ্ট্য হলো—

১. প্রত্যেক ক্রিয়ার একটা সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া রয়েছে।
২. ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সমান হলে লব্ধি শূন্য হয়।
৩. যে প্রতিক্রিয়ার লব্ধি নেই সেটাকে শূন্য টেন্সর রূপে আখ্যা দেয়া যায়।

অন্যদিকে ত্বরণ টেন্সর কী? কোনো গতি ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি পেলে ত্বরণ গতি হয়। ঊর্ধ্বাকাশ থেকে কোনো বস্তু মুক্তভাবে পতিত হলে অভিকর্ষ প্রভাবে ত্বরণ গতি হয়। বৃত্তীয় গতিও ত্বরণ সম্পন্ন হয়। টেন্সরের নিয়মে সেটা ত্বরণ টেন্সর। ত্বরণ গতি সম্পর্কিত সমীকরণই ত্বরণ টেন্সর। আইনস্টাইন দেশকাল ও মহাকর্ষ বক্র বর্ণনা করেছেন। তিনি সার্বিক আপেক্ষিকবাদে মহাকর্ষ সূত্রে গ্রহগুলোর সূর্য প্রদক্ষিণের সমীকরণ প্রদান করেন। পৃথিবী ও অন্যান্য গ্রহ সূর্যের চারদিকে বৃত্তীয় নিয়মে ঘোরে। বাস, ট্রেন, বিমান, জাহাজ, যানবাহন ও কলকারখানার ইঞ্জিন বৃত্তীয় নিয়মে কাজ করে। সকল গতি বৃত্তীয় নিয়মে সৃষ্টি হয়। প্রকৃতির এই নিয়মের বৈসাদৃশ্য হতে পারে না। আইনস্টাইনের মতে প্রকৃতির নিয়মগুলো সর্বত্র অভিন্ন হবে (The laws of nature retain their same form in all coordinate system. –Prakash, 1985)[5]। সুতরাং প্রকৃতির সকল গতিই বৃত্তীয় নিয়মে হয়। এর কোনো ব্যতিক্রম হতে পারে না। গতি বৃত্তীয় নিয়মে সাধিত হলে সাথে ত্বরণ চলে আসে। বৃত্তীয় গতি ও ত্বরণ গতি অভিন্ন। সকল গতি আদিতে ত্বরণ সম্পন্ন হয়। কিন্তু পরে বাড়তি বল প্রয়োগ না থাকলে গতি সমগতিতে চলতে থাকে। তবে গতি বৃত্তীয় নিয়মে উৎপত্তি ও চলমান হলেও রৈখিকভাবে পরিমাপ করতে কোনো অসুবিধা হয় না। রেলগাড়ি চাকার উপর দিয়ে বৃত্তীয় নিয়মে চলে কিন্তু রেললাইন রৈখিক। বাস বৃত্তীয় নিয়মে চলে কিন্তু পাকা রাস্তা রৈখিক। রেললাইন ও পাকা রাস্তা থেকে এদের রৈখিক দূরত্ব পরিমাপ করতে অসুবিধা হয় না। এ-জন্যই গতির জগৎ জটিল।

এতোক্ষণ আলোচনা হয়েছে যে গতি বৃত্তীয় নিয়মে উৎপত্তি হয় ও গমন করে। বৃত্তীয় গতির সাথে ত্বরণ চলে আসে। গতি বৃত্তীয় নিয়মে সৃষ্টি হওয়ার পিছনে জড় বল ও মহাকর্ষ এক সাথে কাজ করছে। গতি বৃত্তীয় ধরা হলে ত্বরণ গতির সৃষ্টি হয়। বৃত্তীয় নিয়মের সাথে মহাকর্ষ সূত্র ও জড়তার সূত্র একত্রে মিলিত হচ্ছে। এভাবে

www.banglainternet.com

প্রচলিত গতির সূত্রগুলো বৃত্তীয় গতি বা ত্বরণ গতি বা ঐক্যবদ্ধ সূত্রের সাথে সমন্বয় করা হয়েছে (অধ্যায় ১০, ১৫)।

বৃত্তীয় গতির সূত্রের নিম্নরূপ বৈশিষ্ট রয়েছে—

১. প্রত্যেক ক্রিয়ার অধিক প্রতিক্রিয়া রয়েছে।

২. কোনো ক্রিয়ার লব্ধি কখনও শূন্য হতে পারে না এবং এটার সর্বদাই ত্বরণ বা মন্দন হয় (The resultant force on a body can never be zero and it is always in the form of acceleration or retardation-Tajuddin and Biswas, 2005)[6]।

৩. মহাকর্ষ ক্ষেত্রে গতির সর্বদা ত্বরণ হয় এবং সমীকরণ ত্বরণ সম্পন্ন হয়।

এতক্ষণ শূন্য টেন্সর ও ত্বরণ টেন্সরের বৈশিষ্ট্য ও পার্থক্য আলোচনা হলো। মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রের জন্য শূন্য টেন্সর প্রযোজ্য এবং মহাকর্ষ ক্ষেত্রের জন্য ত্বরণ টেন্সর প্রযোজ্য। বাস্তবে মহাকর্ষহীন ক্ষেত্র বলতে কোনো ক্ষেত্র নেই এবং শূন্য টেন্সরও হয় না। সেটা হয় শুধু কাগজে কলমে ও বই পুস্তকে। শূন্য টেন্সরে ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সমান হয়। মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে রৈখিক গতি সৃষ্টি হয় এবং শূন্য টেন্সর হয়। নিউটনের বলবিজ্ঞান শূন্য টেন্সর মতবাদের উপর প্রতিষ্ঠিত।

অপরদিকে মহাকর্ষ ক্ষেত্রে ত্বরণ টেন্সর হয়। এখানে ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া বেশি হয়। মহাবিশ্ব মহাকর্ষ কর্তৃক নিয়ন্ত্রিত। মহাকর্ষ ক্ষেত্র গোলকীয় এবং এখানে সময় যুক্ত হলে বৃত্তীয় গতি সৃষ্টি হয়। গতি জগত এ দুটো ভাগে বিভক্ত। এতোদিন চিরায়ত বলবিজ্ঞানে রৈখিক গতি ও ত্বরণ গতির আপোষ রফা চলে আসছিলো। কিন্তু এ ব্যাপারে আপস রফা হয় না। আইনস্টাইন ত্বরণ গতির প্রবক্তা ছিলেন কিন্তু তিনি সেটা শেষ করতে পারেননি।

উপসংহারে বলা যায়, এতোদিন শূন্য টেন্সর ও ত্বরণ টেন্সর নিয়ে জ্যামিতি ও বলবিজ্ঞানে সীমা নির্ধারণ ছিলো না। আসলে দুটো জগৎ দুই বিপরীতধর্মী। একটির সাথে অন্যটির সংমিশ্রণ সম্ভব নয়। মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রের জন্য শূন্য টেন্সর প্রযোজ্য এবং মহাকর্ষ ক্ষেত্রের জন্য ত্বরণ টেন্সর প্রযোজ্য। চিরায়ত বলবিজ্ঞানের গতির সূত্রগুলো মহাকর্ষহীন জগতের গতির সূত্রে পরিণত হয়েছে। অপর দিকে সার্বিক আপেক্ষিকবাদে মহাকর্ষ সমীকরণে ত্বরণ টেন্সরের আভাস রয়েছে যা সোয়ার্জচাইল্ড বহিঃসমাধানে অস্পষ্টভাবে প্রকাশ পেয়েছে। জড় বল ও মহাকর্ষ বলের যুক্ত প্রভাব থেকে ত্বরণ টেন্সর এবং ত্বরণ টেন্সর থেকেই ঐক্যবদ্ধ সূত্র রচনা করা হয়েছে।

References

1. Born, M., *Einstein's Theory of Relativity*. Dover Publications Inc., New York, 1962. P. 313

www.banglainternet.com

2, 3 Abbott., A. F., Physics, Fifth edition, *Heinemann Education*, Oxford, London, 1989, P. 35-52
4. Resnick, R. and Hliday, D., *Physics, Part 1*, Wiley Eastern Ltd. New Delhi, 1966, P. 87
5. Prakash, S., Relativistic Mechanics, Pragati Prakashan, Meerut, 1985 P. 363
6. Tajuddin and Biswas, M. H. A., *Unification of the Theory of Albert Einstein by Cyclic Theory*. Asian J. Inform.Tech., 4(10) : 962-970, 2005 Tech., 4(10) : 962-970, 2005

www.banglainternet.com

অধ্যায় ৬

ত্রিমাত্রিক জ্যামিতি গোলকীয় জ্যামিতিতে রূপান্তর : N পরিধি ও সূচক মানে কী?

(Transformation of Geometry)

জ্যামিতির জগতে মাত্রার প্রয়োজন কেন? দ্বিমাত্রিক, ত্রিমাত্রিক ও চতুর্মাত্রিক জগত কখন হয়? N পরিধি ও সূচক কী? ত্রিমাত্রিক জ্যামিতি কীভাবে গোলকীয় জ্যামিতিতে রূপান্তর হয়? গোলকীয় জ্যামিতির বৈশিষ্ট্য কী? এসব বিষয় নিয়ে আলোচনা হলো।

জ্যামিতির জগতে মাত্রাকে পরিধি বা নির্দেশক বলা যায়। যে সব নির্দেশক দিয়ে জ্যামিতি শ্রেণি অন্তর্ভুক্ত হয়, সে নির্দেশকগুলোকে মাত্রা বলে। মাত্রা দিয়ে জ্যামিতির জগতের পরিচয় হয়। দ্বিমাত্রা দিয়ে জ্যামিতির জগতের শুরু। যে জ্যামিতির দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ আছে, সেটা দ্বিমাত্রিক জগত। দ্বিমাত্রিক জ্যামিতি সমতলীয়। সমতলে দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ রৈখিকভাবে টানা হয়। তাই এই জ্যামিতিকে রৈখিক জ্যামিতিও বলা হয়। এই রৈখিক জ্যামিতি থেকে রৈখিক বীজগণিত (Linear Algebra) হয়েছে। গ্রিক যুগে মনে করা হতো পৃথিবী মহাবিশ্বের কেন্দ্র স্থলে অবস্থিত এবং সকল গ্রহ নক্ষত্র পৃথিবীকে কেন্দ্র করে ঘুরছে। আর পৃথিবীটা হচ্ছে স্থির এবং সমতল (The earth was stationary and that the sun, the moon, the planets, and the stars moved in circular orbits about the earth, Hawking, 1988)[1]। সেই আমলে গ্রিক গণিতবিদ পিথাগোরাস, ইউক্লিড প্রমুখ সমতলীয় জ্যামিতির প্রবর্তন করেন। ইউক্লিড তৎকালীন জ্যামিতি জগতের বিক্ষিপ্ত ধারণাগুলোকে বিধিবদ্ধ করে *Elements* গ্রন্থ রচনা করেন। সে পুস্তকটি দীর্ঘদিন ইউরোপে পাঠ্যপুস্তক হিসেবে শিক্ষা প্রতিষ্ঠানে পড়ানো হতো। যেহেতু সমতলীয় জ্যামিতি পৃথিবীকে সমতল ধরে রচনা করা হয়েছিলো, তাই এই জ্যামিতি গোলক ও ঘূর্ণনশীল জগতে প্রয়োগ করা সম্ভব হচ্ছে না (Classical Euclidean Geometry was no longer sufficient to describe the universe. – Strathern, 1997)[2]। এই জগতে প্রয়োগ করতে হবে গোলকীয় জ্যামিতি। কারণ পৃথিবীটা হচ্ছে উপগোলকীয়। কিন্তু গোলকীয় জ্যামিতির খুব একটা ব্যবহার নেই।

আবার দ্বিমাত্রিক বক্র জ্যামিতি রয়েছে। এটার নাম হচ্ছে উত্তর ইউক্লিডীয় জ্যামিতি। এই জ্যামিতির দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও বক্রতা রয়েছে কিন্তু বেধ নেই। এই জগৎ

www.banglainternet.com

স্থির জগৎ। গোলক, সিলিন্ডার, কোণ ও বক্রতল পরিমাপের জন্য এই জ্যামিতি ব্যবহার হয়। ইউক্লিডীয় জ্যামিতি দ্বারা এইসব পরিমাপ সম্ভব ছিলো না। গাউস, বোলই ও লেভোচেভস্কি এই বক্র গণিতের প্রবর্তক।

যে জগতের মাত্রা তিনটি, সেটি ত্রিমাত্রিক জগত। এখানে মাত্রা হিসেবে দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও বেধ রয়েছে। এই জ্যামিতিকে স্থির এবং রৈখিক বলে কল্পনা করা হয়। গণিতবিদ রীম্যান তিনমাত্রিক সমতলীয় জ্যামিতির প্রবর্তক এবং অন্যদিকে গোলকীয় জ্যামিতিরও প্রবর্তক। তিনমাত্রিক রৈখিক জ্যামিতিকে (x, y, z) কার্টিসান স্থানাঙ্ক দ্বারা প্রকাশ করা হয়। তিনমাত্রিক স্থানাঙ্ককে দুইভাবে গোলকীয় স্থানাঙ্কে রূপান্তর করা যায়। প্রথমত ত্রিমাত্রিক স্থানাঙ্ক (x, y, z)কে (r, θ, ϕ) সংযোগে গোলকীয় স্থানাঙ্কে রূপান্তর করা যায়। দ্বিতীয়ত তিন মাত্রা (x, y, z)-এর প্রতিটি মাত্রার সাথে সমসংখ্যক মাত্রাযুক্ত করা হলে এটি গোলকীয় স্থানাঙ্কে রূপান্তরিত করা যায়। এই সমসংখ্যক মাত্রাকে বলে N সংখ্যক মাত্রা। গণিতবিদ রীম্যান N সংখ্যক মাত্রার প্রবর্তক ছিলেন। এভাবে সমসংখ্যক মাত্রা যুক্ত করে গোলকীয় স্থানাঙ্ক সৃষ্টি করা পদার্থবিজ্ঞান ও গণিত জগতে নতুন প্রয়াস। পূর্বে এ ধারণা ছিলো না কিন্তু ব্যবহার ছিলো। ঐক্যবদ্ধ মতবাদে এ ধারণা প্রচলন হয়েছে।

মেট্রিক টেন্সর গোলকীয় স্থানাঙ্কের প্রকৃষ্ট উদাহরণ। ব্যাসার্ধ এখানে নিয়ন্ত্রক হিসেবে কাজ করে। মেট্রিক টেন্সরে যে নিম্নসূচক বা উর্ধ্ব সূচক থাকে সেগুলো প্রত্যেকটি একটি গোলকীয় স্থানাঙ্ক। টেন্সরের যোজন রীতি, বিয়োজন রীতি, টেন্সর গুণন, প্রতিসম-বিপ্রতিসম টেন্সর—এসবই গোলকীয় নিয়মে হয়।

স্থানের তিনমাত্রা (x, y, z)কে গোলকীয় স্থানাঙ্কে রূপান্তর করে সময় মাত্রা যুক্ত করা হলে, চতুর্মাত্রিক জ্যামিতি হয়। এই চতুর্মাত্রিক জ্যামিতি হচ্ছে ঘূর্ণন জ্যামিতি। পূর্বে ঘূর্ণন জ্যামিতি স্বীকৃতি তেমন ছিলো না। এখানে ঘূর্ণন জ্যামিতির স্বীকৃতি দেওয়া হলো (অধ্যায় ২)।

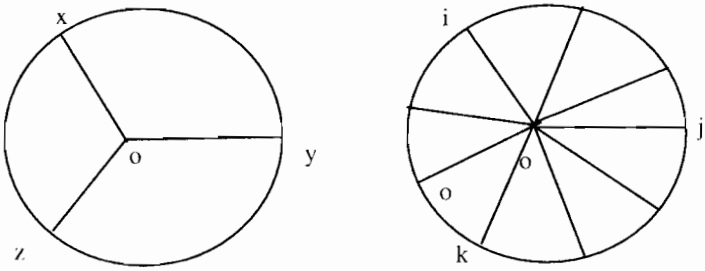
এখানে গোলকীয় ক্ষেত্র নিয়ে আলোচনা হলো। প্রথমত মেট্রিক টেন্সরে N মাত্রা সংযোগে কীভাবে গোলকীয় জগৎ সৃষ্টি হয়। সমতলে বাহুগুলো রৈখিক হয়, আর বক্রতলে বাহুগুলো বক্র হয়। রীম্যানীয় (i, j, k) মাত্রা বক্রতলে N সংখ্যক মাত্রার রূপ নিয়েছে। প্রতিটি মাত্রা স্থানে N সংখ্যক বাহু যুক্ত হয়েছে। N বাহুগুলো কেন্দ্র থেকে বিস্তার লাভ করে এবং ম্যাট্রিক টেন্সর দ্বারা গোলকীয় ক্ষেত্র সৃষ্টি করে। যদিও বলা হয় রীম্যানীয় ক্ষেত্র এবং গাউসীয় ক্ষেত্র অভিন্ন (The Riemannian curvature is equal to the Gaussian curvature-Synge and Schild, 1969)[3]। কিন্তু আসলে এরা অভিন্ন নয়, এদের মধ্যে পার্থক্য রয়েছে। রীম্যানীয় স্থানাঙ্ক গোলকীয় এবং গাউসীয় স্থানাঙ্ক বক্রতলীয়। সিলিন্ডার, কোন ইত্যাদির বক্রতল পরিমাপের জন্য গাউসীয় উপপাদ্য ব্যবহার হয়। গোলকীয় ক্ষেত্রে রীম্যানীয় মাত্রা যত অধিক হবে গোলকটি তত নিখুঁত হবে। রীম্যানীয় তিনমাত্রিক

www.banglainternet.com

(i, j, k) মাত্রার ভিতরে গোলকীয় স্থানাঙ্কে N সংখ্যক মাত্রা হতে পারে। নিম্নে রীম্যানীয় তিনমাত্রিক সমতলীয় স্থানাঙ্ক এবং N মাত্রার গোলকীয় স্থানাঙ্ক ও চিত্র প্রদর্শিত হলো (চিত্র ৩ ও ৪)। (Curvilinear Coordinates-Spiegel,1974)[4]।

উদাহরণ : $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2$

উদাহরণ : $ds^2 = g_{ijk} dx^i\, dx^j\, dx^k$ (i, j, k = 1, 2, 3)



চিত্র ৩ রীম্যানীয় ত্রিমাত্রিক (x, y, z) সমতলীয় স্থানাঙ্ক চিত্র-৪ রীম্যানীয় গোলকীয় N সংখ্যক মাত্রা

দ্বিতীয়ত গোলকীয় স্থানাঙ্ক সৃষ্টি করার প্রচলিত নিয়ম হলো, তিনমাত্রিক সমতলীয় রৈখিক স্থানাঙ্ক (x, y, z)কে গোলকীয় স্থানাঙ্ক (r, θ, ϕ)-এ রূপান্তর করা। উভয় প্রকার গোলকীয় সমীকরণকে সময় (t) দ্বারা গুণন করলে ঘূর্ণন গতি সৃষ্টি হয়। কার্টেসীয় তিনমাত্রিক সমতলীয় স্থানাঙ্ক থেকে গোলকীয় স্থানাঙ্কে দেশকাল রূপান্তরের বিধিমালা রয়েছে।

এখানে $x = r\sin\theta\cos\phi$

$Z = r\cos\phi$

$Y = r\sin\theta\sin\phi$

ত্রিমাত্রিক সমতলীয় স্থানাঙ্ক (x, y, z)কে গোলকীয় স্থানাঙ্ক (r, θ, ϕ)-এ রূপান্তর করা হয়। সমতলকে গোলকীয় তলে পরিবর্তন করা গোলকীয় স্থানাঙ্ক। এখানে গোলকীয় রেখ উপাদান এবং N সংখ্যক মাত্রার গোলকীয় রেখ উপাদান উপস্থাপন করা হলো—

উদাহরণ : গোলকীয় রেখ উপাদান : $ds^2 = dr^2 + r^2 d\theta^2 + r^2 \sin^2\theta d\phi^2$

N মাত্রিক রেখ উপাদান : $ds^2 = g_{ijk} dx^i\, dx^j\, dx^k$ (i, j, k = 1, 2, 3)

এখানে দেখা যাচ্ছে (r, θ, ϕ) গোলকীয় স্থানাঙ্ক এবং মেট্রিক টেন্সরে N সংখ্যক মাত্রার সংযোগে গোলকীয় স্থানাঙ্ক নীতিগতভাবে অভিন্ন। তবে মেট্রিক টেন্সর গোলকীয় স্থানাঙ্কের জন্য সহজতর। এজন্য রীম্যান-ক্রিস্টোফেল টেন্সরে যাওয়া

www.banglainternet.com

প্রয়োজন হয় না। এমনকি প্রচলিত সমীকরণ অনুসারে আইনস্টাইন যে মহাকর্ষ সূত্র রচনা করেছিলেন, সেটা ত্রুটিপূর্ণ ছিলো বলে বুধ গ্রহের অনুসূরের অগ্রগমন পরিমাপ করা সম্ভব হয়নি। আইনস্টাইন মহাকর্ষ সূত্রে গোলকীয় উপাদান যথা—মহাকর্ষ, অভিকর্ষ, ব্যাসার্ধ, বৃত্তীয় ত্বরণ, সময় ইত্যাদি সঠিকভাবে যুক্ত করতে পারেননি (অধ্যায় ৭)।

উপসংহারে বলা য়ায়, ত্রিমাত্রিক সমতলীয় স্থানাঙ্ক (x, y, z)-এর সাথে N সংখ্যক গোলকীয় মাত্রা যুক্ত হলে গোলকীয় স্থানাঙ্ক সৃষ্টি হয়। এটা রীম্যান কর্তৃক নির্দেশিত ম্যাট্রিক টেন্সর কিন্তু এতোদিন বিধিটি জানা ছিলো না। এটা জানা থাকলে রীম্যান-ক্রিস্টোফেল সংযোগ প্রয়োজন হতো না এবং আইনস্টাইনের পক্ষে ঐক্যবদ্ধ মতবাদ রচনা করা সম্ভব হতো।

References

1. Hawking, S. W., *A Brief History of Time*, Bantam Books, New York, London, 1988, P. 60
2. Strathern, P., *Einstein and Relativity*, Arrow Books, London, United Kingdom, 1997, P. 71
3. Synge, J. L. and Schild, A., *Tensor Calculas*, Dover Publications Inc. New York, 1978, P. 9
4. Spiegel, M. R., *Theory and Problems of Vector Analysis*, McGrow-Hill Book Company, New York, 1974, P. 135-140

www.banglainternet.com

গণিতবিদ রীম্যানের সাফল্য : গোলকীয় জ্যামিতির প্রতিষ্ঠা

(Rieman's Success : Establishment of Spherical Geometry)

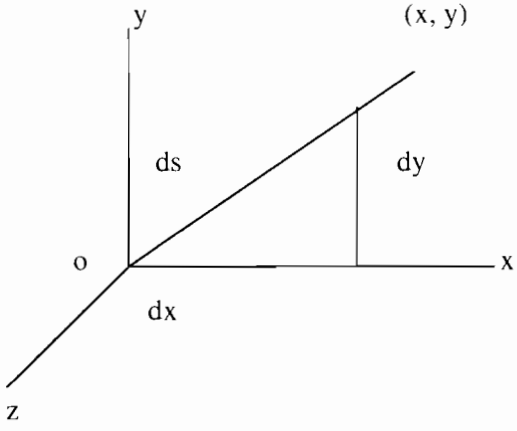
রীম্যান কে ছিলেন? রীম্যানীয় গোলকীয় জ্যামিতি কী? মেট্রিক টেন্সর কী? ক্রিস্টোফেল প্রতীক কী? রীম্যান-ক্রিস্টোফেল জ্যামিতি কী? এটার প্রচলন হলো কেন? সেটার আদৌ প্রয়োজন আছে কি? এ বিষয়গুলো নিয়ে আলোচনা হলো।

ঊনবিংশ শতাব্দীতে জার্মানির এক অসাধারণ গণিতবিদ ছিলেন রীম্যান (১৮২৬-১৮৬৬)। এই গণিতবিদ আয়ুষ্কাল পেয়েছিলেন মাত্র চল্লিশ বছর। এই অল্প সময়ে গণিত শাস্ত্রে তিনি অসাধারণ অবদান রেখেছিলেন। তিনি গোলকীয় টেন্সর উদ্ভাবন করেন। তৎকালীন যুগে তিনি তাঁর উদ্ভাবনের স্বীকৃতি পাননি। এমনও হতে পারে তাঁর আয়ুষ্কাল কম হওয়াতে তিনি গোলকীয় স্থানাঙ্কের পক্ষে প্রচার চালাতে পারেননি। আবার তাঁর এ উদ্ভাবনের ক্ষেত্র কতটুকু হতে পারে সে যুগে সেটা নির্ধারণ করা সম্ভব হয়নি। কারণ তখনো গণিতবিদদের মাঝে গোলকীয় জ্যামিতির ধারণা তেমন আসেনি। তাই সেকালে রীম্যানীয় গোলকীয় টেন্সরের ধারণা প্রতিষ্ঠা লাভ করেনি। কিন্তু তাঁর অবদান ছিলো অসামান্য ও সুদূর প্রসারী। সেটাকে আজ স্বীকৃতি দিতে হচ্ছে। তাঁকে এভাবে প্রশংসা করা হয় যে রীম্যানকে বাদ দিয়ে আধুনিক বিজ্ঞানের সাফল্য সম্ভব ছিলো না (Without the work of Riemann, this revolution in scientific thought would have been impossible. – Rashid, 2003)[1]।

রীম্যান একাধারে তিনমাত্রিক সমতলীয় জ্যামিতি ও গোলকীয় জ্যামিতির উদ্ভাবক ছিলেন। তৎকালীন বিজ্ঞান জগতে তাঁর অবদানকে অবমূল্যায়ন করা হয়েছে। ত্রিমাত্রিক সমতলীয় জগতে কার্টেসীয় স্থানাঙ্ক (x, y, z) দ্বারা সমীকরণ সাজাতে হয়। রীম্যানীয় জগতে এই ধরনের জ্যামিতি রৈখিক জ্যামিতি (Linear geometry) নামে পরিচিত। রীম্যানীয় ত্রিমাত্রিক জগতে রৈখিক স্থানাঙ্কের প্রকাশকে রেখ উপাদান (Line element) বলা হয়। পিথাগোরাসের সূত্র থেকে প্রথম রেখ উপাদানের সমীকরণ টানা হয়েছে। সেটা হলো অতিভূজবর্গ সমান ভূমিবর্গ যোগ লম্ববর্গ।

www.banglainternet.com

পিথাগোরাসের সূত্রকে কীভাবে রেখ উপাদানে প্রকাশ করা হয়েছে, নিম্নে (চিত্র ৫) সেটা দেখানো হলো—



চিত্র ৫ : রেখ উপাদান

তিনমাত্রিক সমতলীয় (x, y, z) জগতে (x, y) সমতলে বাহুদ্বয়ের সংযোগ স্থল o বিন্দুতে সমকোণী ত্রিভূজ প্রদর্শিত হয়েছে। এখানে ds = অতিভূজ, dx = ভুমি, dy = লম্ব। এগুলোকে ত্রিমাত্রিক জগতে বর্গাকারে লেখা হয়েছে। রীম্যানীয় সমতলীয় ত্রিমাত্রিক জগতে রেখ উপাদান হলো : $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2$

অন্যদিকে ত্রিমাত্রিক রৈখিক স্থানাঙ্ক (x, y, z)কে গোলকীয় (r,θ,ϕ) স্থানাঙ্কে রূপান্তর করা যায়। রীম্যানীয় গোলকীয় রেখ উপাদানটি হলো :

$ds^2 = dr^2 + r^2d\theta^2 + r^2\sin^2d\phi^2$ (অধ্যায় ২)... (১) নং সমীকরণ

আবার ত্রিমাত্রিক সমতলীয় (x, y, z) রৈখিক স্থানাঙ্ককে N পরিধি সংযোগে ম্যাট্রিক টেন্সরে রূপান্তর করা যায়। হকিং রীম্যানকে ম্যাট্রিক দেশকালে N পরিধি সংযোজনের জন্য ধন্যবাদ জানিয়েছেন (Thanks to Riemann's investigation of N dimentional metrical spaces-Hawking, 2007)[2]। ত্রিমাত্রিক মেট্রিক টেন্সরে প্রতিটি মাত্রার সাথে নির্দিষ্ট সংখ্যক মাত্রা যুক্ত করাই হচ্ছে N পরিধি। মেট্রিক টেন্সরে গোলকীয় স্থানাঙ্ক হয়। এটাই রীম্যানের সাফল্য। কিন্তু মেট্রিক টেন্সরে সেটা এতদিন জানা ছিলো না। রীম্যানের গোলকীয় স্থানাঙ্ক দিয়েই ঐক্যবদ্ধ মতবাদের গণিত বিন্যাস করা হয়েছে। রীম্যানীয় ত্রিমাত্রিক জগতে গোলকীয় মৌলিক টেন্সর হচ্ছে $ds^2 = g_{pq}\,dx^p dx^q$ (p, q = 1,2,3)

www.banglainternet.com

ম্যাট্রিক টেন্সরের যোজন রীতি অনুসারে এটাকে সাজানো হয় এবং নির্ণায়ক করে পাওয়া যায় :

$$g_{pq} = \begin{pmatrix} g_{11} & g_{12} & g_{13} \\ g_{21} & g_{22} & g_{23} \\ g_{31} & g_{32} & g_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & r^2 & 0 \\ 0 & 0 & r^2\sin^2\phi \end{pmatrix}$$

$$= r^2 (r^2\sin^2\phi)$$

$$= r^4\sin^2\phi \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (২) \text{ নং সমীকরণ।}$$

এখানে দেখা যাচ্ছে গোলকীয় স্থানাঙ্কের মান এবং গোলকীয় N পরিধির মান (১ নং ও ২ নং সমীকরণ) অভিন্ন আসেনি। তবে সোয়ার্জচাইল্ড গোলকীয় স্থানাঙ্ক দ্বারা বুধগ্রহের অনুসূরের অগ্রগমন পরিমাপ করেছিলেন।

এখানে গোলকীয় স্থানাঙ্ক এবং N পরিধিকে অভিন্ন নিয়মে আনতে গেলে ঐক্যবদ্ধ সূত্র প্রয়োগ করতে হবে। N পরিধিকে ক্রোনেকার ডেল্টা দিয়ে কর্তন করতে হয় এবং অবশিষ্ট যে সূচক থাকবে সেটার সাথে জড়বল, মহাকর্ষবল, ব্যাসার্ধ, বৃত্তীয় ত্বরণ ও সময় যুক্ত করে মান বের করতে হয়। একইভাবে গোলকীয় স্থানাঙ্কের মান বের করতে হয় (অধ্যায় ২১)।

রীম্যান ত্রিমাত্রিক রৈখিক সমীকরণ থেকে মেট্রিক টেন্সর উদ্ভাবন করেন। সে যুগে ত্রিমাত্রিক রৈখিক জ্যামিতিকে ম্যাট্রিক ফর্মে রূপান্তর করা হলে যে গোলকীয় জ্যামিতি (Spherical geometry) সৃষ্টি হয়, সেটা জানা ছিলো না। প্রকৃতপক্ষে মেট্রিক টেন্সর হচ্ছে গোলকীয় টেন্সর। পূর্বেই উল্লেখ করা হয়েছে, ত্রিমাত্রিক রৈখিক জ্যামিতিকে দুভাবে গোলকীয় জ্যামিতিতে রূপান্তর করা যায়। একটি হলো (x, y, z) কার্টিসান স্থানাঙ্ককে (r, θ, ϕ) গোলকীয় স্থানাঙ্কে রূপান্তর করে। অন্যটি হলো তিনমাত্রিক জ্যামিতিকে N পরিধিতে রূপান্তর করে (অধ্যায় ৬)।

এখানে N পরিধি নিয়ে আলোচনা হলো। গাউস, বোলই ও লেবোসভস্কি উত্তর ইউক্লিডীয় জ্যামিতি রচনা করেন। প্রায় একই সময়ে রীম্যান নিজের অজান্তে ত্রিমাত্রিক জ্যামিতিতে N সংখ্যক মাত্রা যুক্ত করে গোলকীয় স্থানাঙ্ক উদ্ভাবন করেন। রীম্যানের এ ধরনের টেন্সরকেও উত্তর-ইউক্লিডীয় জ্যামিতি হিসেবে গণ্য করা হয়। তবে এই দু' ধরনের জ্যামিতির ধরন ভিন্ন। কিন্তু আপেক্ষিকবাদে পুরোপুরিভাবে অনুধাবন না করে বলা হয় যে রীম্যান কর্তৃক উদ্ভাবিত উত্তর ইউক্লিডীয় জ্যামিতি গোলকীয় এবং আবর্তনশীল জগতকে ব্যাখ্যা দেয়ার জন্য যথেষ্ট নয় (Non-Euclidean geometry by Riemann had been considered utterly

www.banglainternet.com

brilliant but utterly impractical-Strathern, 1997)[3]। আরো বলা হয় যে উত্তর-ইউক্লিডীয় জ্যামিতি ইউক্লিডীয় জ্যামিতির উত্তরণ হলেও আধুনিক বিশ্বকে ব্যাখ্যা দেয়ার মতো অবস্থা নেই (If we would choose a special non-Euclidean geometry of this kind to represent the physical world we should simply be substituting one evil for another. -Born, 1962)[4]। রীম্যানকে না বুঝে এই অপবাদ দেয়া হয়েছে। আসলে রীম্যানীয় জ্যামিতি সঠিক ছিলো। কারণ রীম্যান ত্রিমাত্রিক রৈখিক স্থানাঙ্ককে গোলকীয় স্থানাঙ্কে রূপান্তর করেছিলেন। এই গোলকীয় ত্রিমাত্রিক দেশকালের সাথে সময়কে চতুর্থমাত্রা হিসাবে যোগ করে চারমাত্রিক দেশকালে রূপান্তর করা যায়। স্থানের তিন মাত্রার সাথে সময় মাত্রা যুক্ত করে চারমাত্রিক করা হলে গোলকীয় জগৎ ঘূর্ণনশীল জগতে রূপান্তরিত হয়। এটা সে যুগে জানা ছিলো না।

রীম্যানীয় মেট্রিক্স যে দেশকাল নির্দেশ করে সেটা রীম্যানীয় গোলকীয় দেশকাল। তবে রীম্যানীয় যুগে টেন্সরের সূচকগুলোর সাথে প্রযুক্ত বল, মহাকর্ষ বল, ব্যাসার্ধ বল, বৃত্তীয় ত্বরণ ও সময় একত্রে যুক্ত করার কৌশল আয়ত্তে আসেনি। তাই সঠিকভাবে ঘূর্ণন জ্যামিতির পরিমাপ করা সম্ভব হয়নি। এখানে দুই সারি বিশিষ্ট কোভেরিয়েন্ট টেন্সরে রীম্যানীয় মেট্রিক্স টেন্সর দেখানো হলো—

$$ds^2 = g_{jk}\, dx^j\, dx^k \; (j,k= 1,2,3)$$

অনুমান নির্ভর ও ভুলবশত বলা হয় যে রীম্যানীয় গোলকীয় স্থানাঙ্ক এবং গাউসীয় বক্রতলীয় স্থানাঙ্ক একই পর্যায়ভুক্ত (The Riemannian curvature is equal to the Gaussian curvature. –Synge and Schild, 1969)[5]। এ দুয়ের মধ্যে পদ্ধতিগত ও জগৎ অনুসারে পার্থক্য বিরাজমান। গাউসের জগত বক্রতলীয় এবং রীম্যানের জগত গোলকীয়। গাউসের পদ্ধতি ছিলো যোগকলন এবং রীম্যানের পদ্ধতি ছিলো ম্যাট্রিক টেন্সর। সিলিন্ডার, কোন, গোলক ইত্যাদির বক্রতল পরিমাপের জন্য গাউসীয় উপপাদ্য ব্যবহার হয়। এখানে গাউসীয় বক্রতলীয় উপপাদ্যের উদাহরণ দেয়া হলো : $\iint_s$ A.nds-এর মান নির্ণয় কর (Harun-1990)[6]।

গণিতবিদ ক্রিস্টোফেল টেন্সরে ব্যবহারের নিমিত্তে দু' ধরনের প্রতীক ব্যবহার করেন। উহাদেরকে ক্রিস্টোফেল্‌স সিম্বল বলা হয়। দুটো সিম্বলকে একত্রে যুক্ত করা হয়েছে। দুটি সিম্বলে মোট তিনটি সূচক রয়েছে এবং ডানপক্ষে অর্ধ ভগ্নাংশ যুক্ত হয়েছে। এই সূচকগুলোকে গোলকীয় স্থানাঙ্কের প্রতীক ধরা যায় এবং অর্ধকে গোলক পরিমাপে কাজে লাগানো হয়েছে। তিনি গোলক জগৎ পরিমাপের জন্য কনিক জগতের প্রতীক বাদ দিয়ে নতুন প্রতীক ব্যবহার করে ছিলেন। যদিও তিনি তাতে সফল হননি। ক্রিস্টোফেল সিম্বল টেন্সর নয় কিন্তু রীম্যানীয় ত্রিমাত্রিক মেট্রিক

www.banglainternet.com

টেন্সরের সাথে যুক্ত করে এদেরকে ধাপে ধাপে টেন্সরে রূপান্তর করা হয়েছে। ক্রিস্টোফেল গোলকীয় স্থানাঙ্ক সৃষ্টির জন্য এই প্রতীকের আয়োজন করেছিলেন। রীম্যান ইতিপূর্বে N মাত্রা সংযোগে গোলকীয় টেন্সর উদ্ভাবন করেছিলেন। ফলে ক্রিস্টোফেল প্রতীক রীম্যানীয় সমীকরণে যুক্ত করা প্রয়োজন ছিলো না। এটা যুক্ত করে গণিতকে ভ্রমাত্মক করা হয়েছে। প্রতীক দুটি নিম্নরূপ—

ক্রিস্টোফেল্‌স সিম্বল প্রথম প্রকার :

$$[jk,l] = \Gamma_{l,jk} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial g_{jk}}{\partial x^k} + \frac{\partial g_{kl}}{\partial x^j} - \frac{\partial g_{jk}}{\partial x^l}\right)$$

ক্রিস্টোফেল্‌স সিম্বল দ্বিতীয় প্রকার :

$$\left\{\frac{l}{jk}\right\} = \Gamma^{l}_{\cdot jk} = \frac{1}{2} g^{lm}\left(\frac{\partial g_{jm}}{\partial x^k} + \frac{\partial g_{km}}{\partial x^j} - \frac{\partial g_{jk}}{\partial x^m}\right)$$

রীম্যান-ক্রিস্টোফেল টেন্সর দুভাগে বিভক্ত। একটি শূন্য টেন্সর (Zero Tensor) এবং অপরটি রিচি টেন্সর (Ricci Tensor)। মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে শূন্য টেন্সরে রৈখিক গতি হয়, আর মহাকর্ষ ক্ষেত্রে রিচি টেন্সর গোলকীয় গতি হয়। (There are only two ways of contracting Riemann-Christofell tensor, one way leads to Ricci tensor while the other way leads to a zero tensor-Prakash, 1985)[7]। বিভিন্ন পুস্তকে শূন্য টেন্সর ও রিচি টেন্সরকে গোলকীয় বলে উল্লেখ করা হয়েছে। আসলে এই দুটো গোলকীয় টেন্সর হবে না। শূন্য টেন্সর হবে রৈখিক এবং রিচি টেন্সর হবে গোলকীয়। রিচি টেন্সরের এটাই মূল কথা। শূন্য টেন্সর কীভাবে সৃষ্টি হয়, সেটা আগেই উল্লেখ করা হয়েছে (অধ্যায় ৫)। শূন্য টেন্সর রৈখিক গতির বাহক। রীম্যান রৈখিক টেন্সরকে যেহেতু গোলকীয় টেন্সরে রূপান্তর করেছেন, তাই রিচি টেন্সরের আর প্রয়োজন নেই। যদিও আইনস্টাইন রিচি টেন্সর নিয়ে কাজ করেছেন। রীম্যান-ক্রিস্টোফেল টেন্সর থেকে সংকোচন প্রক্রিয়ার রিচি টেন্সর নির্ণয় করা হয়। রিচি টেন্সর থেকে বিয়ানকি আইডেনটিটিজ টেন্সর হয়। এখানে শূন্য টেন্সর ও রিচি টেন্সর এর উদাহরণ দেয়া হলো—

উদাহরণ : শূন্য টেন্সর— $R^{\lambda}_{\cdot \lambda\nu\sigma} = 0$

রিচি টেন্সর— $R_{\mu\nu} = R_{\nu\mu}$

উপসংহারে বলা যায়, ত্রিমাত্রিক (x, y, z) রৈখিক স্থানাঙ্ক, যা রীম্যান রেখ উপাদানে রূপান্তর করেছেন। আবার রীম্যান এই রেখ উপাদানের সাথে N সংখ্যক মাত্রা যুক্ত করে গোলকীয় টেন্সরে রূপান্তর করেছেন। গোলকীয় স্থানাঙ্কের সাথে

www.banglainternet.com

সময় মাত্রা যুক্ত করে ঘূর্ণন জ্যামিতি সৃষ্টি করা যায়।। এতদিন বিজ্ঞান জগতে সেটা অনুধাবন করা সম্ভব হয়নি। ঐক্যবদ্ধ মতবাদ উদ্ঘাটন করতে গিয়ে সেটার সন্ধান পাওয়া গেছে। এই গোলকীয় টেন্সর থেকে পরিমাপের যে কোন সুবিধা গ্রহণ করা যায়। তাই রীম্যানীয় টেন্সরের সাথে ক্রিস্টোফেল প্রতীক সংযোজন করা সমীচীন হয়নি। গোলকীয় স্থানাঙ্ক রীম্যানের অবিস্মরনীয় অবদান।

References

1. Rashid, H., *A Galaxy of Mathematicians*, Glory Art Press, Khulna. 2003. P. 164
2. Hawking S. W., *The Essential Einstein: His Greatest Works*, Penguin Books, 2007. P. 371
3. Strathern, P., *Einstein and Relativity*, Arrow Books, UK. 1997, PP. 78, 71-72
4 Born, M., *Einstein's Theory of Relativity*, Dover Publications, Inc. New York, P. 334.
5. Synge and Schild, A., *Tensor Calculas*, Dover Publications Inc. New York, 1978, P. 96
6. Rashid, H., *Vector Analysis with Tensor Calculas*. Puthi Ghar Ltd., 74 Farasganj, Dhaka. P. 174.
7. Prakash, S., *Relativistic Mechanics*, Pragati Prakashn, Meerut. 1985, P. 363.

www.banglainternet.com

আইনস্টাইনের মহাকর্ষ নীতি : মহাশূন্য জগত ও পার্থিব জগতের মধ্যে প্রভেদ কোথায়?

(Einstein's Law of Gravitation)

বিশেষ ও সার্বিক আপেক্ষিকবাদ কী? ফিল্ড সমীকরণ কী? মহাশূন্য সমীকরণ ও পার্থিব সমীকরণ কী? এই দুয়ের মধ্যে পার্থক্য কোথায়? অভিন্ন সমীকরণ রচনা কি সম্ভব? এই বিষয়গুলো নিয়ে আলোচনা হলো।

বিশেষ আপেক্ষিকবাদে আলোর গতিকে উচ্চতম বেগ ধরে ক্ষুদ্র কণিকার দ্রুতি পরিমাপ করা হয়। তাই এখানে তুলনামূলক (Relative) চিত্র রয়েছে কিন্তু সার্বিক আপেক্ষিকবাদে সে চিত্র নেই। গ্রহগুলোর ঘূর্ণন গতিতে সূর্য প্রদক্ষিণের সূত্র এখানে প্রকাশ পেয়েছে। আইনস্টাইনের সার্বিক আপেক্ষিকবাদ মহাকর্ষ নীতি নামে পরিচিত (Einstein's theory of general relativity can also be called 'Law of gravitation.' –Phillips and Priwer, 2006)[1]। আইনস্টাইন সার্বিক আপেক্ষিকবাদে ফিল্ড সমীকরণ সৃষ্টি করেছেন। কিন্তু ফিল্ড সমীকরণ দ্ব্যর্থবোধক এবং এখানে যথার্থ ব্যাখ্যা নেই। সোয়ার্জচাইল্ড সমাধান থেকে ফিল্ড সমীকরণ সম্পর্কে ধারণা পাওয়া যায়। কারণ সোয়ার্জচাইল্ড আইনস্টাইনের মহাশূন্য সমীকরণ প্রথম সমাধান করেছিলেন এবং বুধ গ্রহের অনুসূরের অগ্রগমন পরিমাপ করতে পেরেছিলেন। সোয়ার্জচাইল্ডের সমাধান অনুসারে মহাকর্ষ সমীকরণে দুই ধরনের জগৎ রয়েছে। গোলক জগতের বাইরে মহাশূন্য জগৎ (Empty space) এবং গোলকজগতের ভিতরে পার্থিব জগত (Material world)। কিন্তু উভয় জগতে ফিল্ড সমীকরণে শূন্য টেন্সর প্রকাশ পেয়েছে (অধ্যায় ৫)। আইনস্টাইনের মতে মহাশূন্য জগৎ হচ্ছে ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ফিল্ড এবং পার্থিব জগতের বাইরে অবস্থিত (This is empty space without electromagnetic field and without matter. –Hawking, 2007)[2]। আসলে এমন কোনো জগৎ নেই। এই ধরনের মহাশূন্য জগত হচ্ছে আইনস্টাইনের অসম্ভব কল্পনা। মহাবিশ্বে কোথাও এই ধরনের মহাশূন্য নেই। এই ধারণা আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সমীকরণকে নিউটনীয় 'পরম স্থান ও পরম কাল' ধারণায় নামিয়ে দিয়েছে এবং মহাকর্ষ সমীকরণকে অকার্যকর করে দিয়েছে। বাস্তবিক পক্ষে ফিল্ড সমীকরণ হচ্ছে নিউটনীয় সমীকরণ।

www.banglainternet.com

এই জন্য হকিং বলেন যে সার্বিক আপেক্ষিকবাদ এবং চিরায়ত বলবিজ্ঞানের মধ্যে কোনো প্রভেদ নেই (The general theory of relativity is what is called a classical theory. -Hawking, 1993)[3]।

আবার সোয়ার্জচাল্ডের ব্যাখ্যা অনুসারে ফিল্ড সমীকরণ দ্বিধাবিভক্ত : একদিকে রয়েছে মহাশূন্য সমীকরণ এবং অন্য দিকে রয়েছে পার্থিব সমীকরণ। আইনস্টাইন সার্বিক আপেক্ষিকবাদে মহাশূন্যে একটি ক্ষুদ্র কণিকার সূর্য প্রদক্ষিণের সমীকরণ দিয়েছেন। এটা মহাকর্ষ সমীকরণ নামে পরিচিত। যদিও এটা নিউটনীয় সমীকরণ। এই সমীকরণ দ্বারা গ্রহগুলো কীভাবে সূর্য প্রদক্ষিণ করে সেটা ব্যাখ্যা দেয়ার চেষ্টা করেন। আইনস্টাইন এই সমীকরণ পূর্বসূরি রীম্যান, ক্রিস্টোফেল, রিচি, বিয়ানকি প্রমুখ গণিতবিদ থেকে প্রাপ্ত। তবে এই সমীকরণ যে নির্ভুল সেটা বলা যায় না। আগেই আলোচনা হয়েছে যে রীম্যানীয় গোলকীয় সমীকরণের সাথে সময় যুক্ত করলে বৃত্তীয় সমীকরণে পরিণত হয় এবং এই সমীকরণের সাথে ক্রিস্টোফেল প্রতীক সংযুক্ত করা হয়েছিলো (অধ্যায় ৭)। সোয়ার্জচাইল্ড বহিঃসমাধানে সমীকরণটি নিজস্ব নিয়মে বিন্যাস করে বুধ গ্রহের অনুসুরের অগ্রগমন পরিমাপ করেছিলেন।

মহাশূন্য মূল সমীকরণটি হলো : $R_{\mu\nu} = 0$

আবার আইনস্টাইন সার্বিক আপেক্ষিকবাদে পার্থিব সমীকরণ উপস্থাপন করেন। এই সমীকরণ রচনায় আইনস্টাইন বিশেষ আপেক্ষিকবাদের ধারণা গ্রহণ করেছেন। বিশেষ আপেক্ষিকবাদে মূল ধারণা হচ্ছে আলোর গতি বিশ্বের সর্বাপেক্ষা উচ্চতম গতি ধরে ক্ষুদ্র কণিকার বেগ পরিমাপ করা হয়। নিউটনীয় গতির সূত্র দ্বারা ক্ষুদ্র কণিকার দ্রুতি পরিমাপ করা সম্ভব ছিলো না। আইনস্টাইন বিশেষ আপেক্ষিকবাদে সূত্র প্রদান করে সেটার ব্যবস্থা করেন। সেই একই ধারণা পার্থিব সমীকরণে চলে এসেছে। পার্থিব সমীকরণে বিশ্বকে নিয়ন্ত্রণে আলোর গতির চেয়ে কম গতি সম্পন্ন একটি ধারণা গ্রহণ করা হয়েছে ($1>2m/r$ & $r> 2m$)। এমন ধারণা সঠিক ছিলো না। এখানে বিশেষ আপেক্ষিকবাদকে সার্বিক আপেক্ষিকবাদের উপর প্রাধান্য দেয়া হয়েছে। আলোর গতি সর্বাপেক্ষা উচ্চতম ধরা হলেও মহাকর্ষ সেটাকে নিয়ন্ত্রণ করতে পারছে। কারণ মহাকর্ষ সূত্র প্রমাণের অন্যতম অনুমিত সিদ্ধান্ত ছিলো সূর্যের কাছে আলোর গতি অপসরণ হয়। এতে প্রমাণিত হয় মহাকর্ষে এমন কোন কণিকা রয়েছে যা আলোর বেগকে নিয়ন্ত্রণ করছে। সম্প্রতি জানা গেছে নিউট্রিনো কণিকার দ্রুতি আলোর গতির চেয়ে অধিক। তবে সেটা বৃত্তীয় নিয়মে গতিশীল না হলে ঐক্যবদ্ধ সূত্রে যুক্ত করা যাবে না। কিন্তু আইনস্টাইন মহাকর্ষ সূত্রে এমন কোনো ধারণা যুক্ত করেননি। সেখানেই আইনস্টাইন ভুল করেছিলেন। পার্থিব সমীকরণের উদাহরণ হলো—

www.banglainternet.com

$$R_{\mu\nu} - \tfrac{1}{2} G_{\mu\nu} R + A_{g\mu\nu} = -8\pi T_{\mu\nu} \text{ (Prakash, 1985)}^4$$

সোয়ার্জচাইল্ড ফিল্ড সমীকরণ তথা মহাশূন্য সমীকরণ ও পার্থিব সমীকরণকে যথাক্রমে বহিঃসমাধান (Exterior solution) এবং অন্তঃসমাধান (Interior solution) দ্বারা ব্যাখ্যা করেছেন। যদিও সোয়ার্জচাইল্ড দুই জগতের কথা উল্লেখ করেননি। বহিঃসমাধানে মহাশূন্য মূল সমীকরণের ($R\mu\nu=0$) ব্যাখ্যা পাওয়া যায়। সেটা হলো শূন্য টেন্সর, তার মানে নিউটনীয় সমীকরণ। আবার অন্তঃসমাধানে পার্থিব সমীকরণের ব্যাখ্যা পাওয়া গেছে, যেখানে $1>2m/r$ & $r>2m$ সেটা বিশেষ আপেক্ষিকবাদ অনুসারে নিউটনীয়। দুটো সমাধান থেকে ফিল্ড সমীকরণ সম্পর্কে ধারণা পাওয়া যায় যে এটা নিউটনীয় সমীকরণ। কিন্তু আমাদের যেতে হবে $r > 2m > 1$ যা ত্বরণ টেন্সর এবং এখানে ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া বেশি। মহাকর্ষ আলোর বেগকেও নিয়ন্ত্রণ করছে। এখানে 1 = আলোর বেগ, r = মহাকর্ষ প্রভাবিত ব্যাসার্ধ, m = ভর এবং r ব্যাসার্ধ $2m$-কে নিয়ন্ত্রণ করছে।

সোয়ার্জচাইল্ড বহিঃসমাধান (Exterior Solution)

সোয়ার্জচাইল্ড বহিঃসমাধানটি আইনস্টাইনের মহাশূন্য মূল সমীকরণ ($R_{\mu\nu} = 0$) থেকে বিন্যাস করেছেন। মহাশূন্য জগতে এটি ছিলো শূন্য টেন্সর। এখানে বহিঃসমাধানটি দেয়া হলো—

Exterior solution,

$$ds^2 = -\left(1-\frac{2m}{r}\right)^{-1} dr^2 - r^2 d\theta^2 - r^2 \sin^2\theta d\phi^2 + \left(1-\frac{2m}{r}\right) dt^2.$$

এই সমীকরণে $dr^2 + r^2 d\theta^2 + r^2 \sin^2\theta d\phi^2$ = গোলকীয় স্থানাঙ্ক, $r = 2m$ দ্বারা বস্তু কণার উপর মহাকর্ষ প্রভাব বোঝানো হয়েছে এবং dt দ্বারা সময় বোঝানো হয়েছে। এই সমীকরণকে বৃত্তীয় গতি হিসেবে উপস্থাপন করা হয়েছে।

সোয়ার্জচাইল্ড বহিঃসমাধানে আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সমীকরণটি সংশোধন করেন। যদিও এই সমাধান সংশোধিত সমীকরণ হিসেবে ব্যাপক স্বীকৃত পায়নি। সোয়ার্জচাইল্ড বহিঃসমাধানের মাধ্যমে মহাকর্ষ ক্ষেত্রে একটি বিচ্ছিন্ন কণার গতিপথ নির্ণয় করেন (Schwarzschild's exterior solution is for the gravitational field of an isolated particle-Prakash 1985)[5]।

আইনস্টাইনের মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে মহাশূন্যে মূল সমীকরণটি ছিলো : $R_{\mu\nu} = 0$

যদি সৃষ্টিমূলক ধ্রুবক Λ যুক্ত করা হয় তবে সমীকরণটি দাঁড়ায় : $R_{\mu\nu} = \Lambda^g{}_{\mu\nu}$

www.banglainternet.com

মহাশূন্যে ভর অনুপস্থিত হলে দেশকাল সমতল হবে। সুতরাং রেখ উপাদানটি পোলার গোলকীয় স্থানাঙ্কে (Spherical polar coordinates) রূপান্তর করতে হয় :

$$ds^2 = -dr^2 - r^2 d\theta^2 - r^2 \sin^2 \theta d\phi^2 + dt^2$$

মহাশূন্যে ভর সাপেক্ষে রেখ উপাদানকে আবার সংশোধন করা হয়েছে। এখানে ভর স্থির এবং বিচ্ছিন্ন বিধায় রেখ উপাদান হবে দেশকাল ভিত্তিক সুষম এবং গোলকীয় (Spatially spherically symmetric)। সোয়ার্জচাইল্ড গোলকীয় জগতের রেখ উপাদানকে r সাপেক্ষে λ এবং ν যুক্ত করে সংশোধন করা হয় :

$$ds^2 = -e^{\lambda} dr^2 - r^2 d\theta^2 - r^2 \sin^2 \theta d\phi^2 + e^{\nu} dt^2$$

এখানে বিচ্ছিন্ন কণাটির ক্ষেত্র গোলকীয় বিধায় r ব্যাসার্ধের উপর নির্ভরশীল কিন্তু φ এবং θ উপর নির্ভরশীল নয়।

সার্বিক আপেক্ষিকবাদে রেখ উপাদান হলো : $ds^2 = g_{\mu\nu} dx^{\mu} dx^{\nu}$.

সমীকরণ সমন্বয় করে পাওয়া যায় : $\nu + \lambda = A$

এখানে, A ধ্রুবক যার মান শূন্য (0) ধরা হয়। যেহেতু r =∞ (অসীম), $\lambda = 0$ এবং $\nu = 0$।

এখানে, $\lambda = -\nu$

উপরের সম্পর্ককে ব্যবহার করে পাওয়া যায় : $re^{\nu} = r + B$

এখানে, B ধ্রুবক অর্থাৎ $e^{\nu} = e^{-\lambda} = 1 - \frac{2m}{r}$

উপরোক্ত সম্পর্কটি পেতে B = -2m ধরা হয়েছে। মহাকর্ষক্ষেত্রে m ভরকে বোঝানোর জন্য এটা ধরা হয়েছে। সোয়ার্জচাইল্ড আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সমীকরণ ব্যাপকভাবে পরিবর্তন করেন। এই সমীকরণে ($dr^2 + r^2 d\theta^2 + r^2 \sin^2 \theta d\phi^2$) = গোলকীয় স্থানাঙ্ক, r ব্যাসার্ধ বল = 2m বস্তুকণার উপর মহাকর্ষ প্রভাব বোঝানো হয়েছে এবং dt দ্বারা সময় বোঝানো হয়েছে।

সোয়ার্জচাইল্ড অন্তঃসমাধান (Interior Solution)

সোয়ার্জচাইল্ড অন্তঃসমাধান দ্বারা পার্থিব জগতের ব্যাখ্যা দিয়েছেন। এখানে সোয়ার্জচাইল্ডের অন্তঃসমাধান দেয়া হলো—

www.banglainternet.com

Interior solution, $\frac{r_1^2}{R_0^2} < 1$ i.e. $r_1^2 < \frac{3}{8}\pi\rho_0$

and $\frac{2m}{r_1} < 1$ i.e. $2m < r_1$

এই সমীকরণে (1 > 2m/r &r > 2m) বোঝানো হয়েছে। এখানে 1 > 2m/r ধারণা বিশেষ আপেক্ষিকবাদ থেকে নেয়া হয়েছে এবং এটা নিউটনীয়। যদি 1 > 2m/r হয়, তবে 2m/r কীভাবে বিশ্ব নিয়ন্ত্রণ করবে? ঐক্যবদ্ধ মতবাদের জন্য যেতে হবে (r > 2m>1)। যেখানে মহাকর্ষ বিশ্বজগৎসহ আলোর বেগকেও নিয়ন্ত্রণ করছে। এখানে 1 আলোর বেগ, r ব্যাসার্ধ এবং m ভর বোঝানো হয়েছে।

এখানে সোয়ার্জচাইল্ডের উভয় সমাধানের বৈশিষ্ট্যগুলো প্রদত্ত হলো—

1. উভয় সমাধান নিউটনীয় শূন্য টেন্সরের উপর প্রতিষ্ঠিত।
2. বহিঃসমাধান মহাশূন্য ক্ষেত্র এবং অন্তঃসমাধান মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রের জন্য প্রযোজ্য (Exterior solution is for gravitational field in empty space and Interior solution is for non-gravitational field of material world, Prakash-1990.)[6]
3. সোয়ার্জচাইল্ড বহিঃসমাধানে ব্যতিক্রম নিয়মে (r > 2m) দেখিয়েছেন (Schwarzschild exceptionally shows in exterior solution that (r > 2m). Here r means radius and 2m means mass.
4. উভয় সমাধান দেখান হয়েছে যে প্রত্যেক ক্রিয়ার একটা বিপরীত ও সমান প্রতিক্রিয়া রয়েছে।
5. উভয় সমাধান অনুসারে বল প্রয়োগ ক্ষেত্রে লব্ধি শূন্য হয় (Both solutions prove that the resultant force on a body would always be zero. –Resnick & Halliday, 1966)[7]।

এতক্ষণ আলোচনা থেকে বোঝা যাচ্ছে যে বহিঃসমাধান ও অন্তঃসমাধানের মধ্যে স্পষ্টত কোনো পার্থক্য নেই এবং এদের মধ্যে গাণিতিকভাবেও কোনো প্রভেদ নেই। বহিঃসমাধান ত্বরণহীন সমীকরণও মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রের জন্য প্রযোজ্য। একইভাবে অন্তঃসমাধান ত্বরণহীন ও মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রের জন্য প্রযোজ্য। কোনো সমাধানেই মহাকর্ষীয় গোলকীয় জগতের প্রতিফলন ঘটেনি। এখানে দুটো সমাধানেই শূন্য টেন্সর (1 > 2m/r &r > 2m) প্রকাশ পেয়েছে। মহাশূন্য জগত এবং পার্থিব জগতের সমীকরণ ফলাফল একই দেখানো হয়েছে। দুটো সমাধানেই নিউটনের গতি সম্পর্কিত দর্শন ও শূন্য টেন্সর ধারণা প্রতিফলন ঘটেছে। আবার সোয়ার্জচাইল্ডের বৈশিষ্ট্যে উল্লেখ করা হয়েছে যে r ব্যাসার্ধ ক্ষমতা 2m ভর থেকে অধিকতর (Whose radius must be greater than 2m—Prakash, 1985,

www.banglainternet.com

Ali, 2006)[8]। একই সমীকরণে শূন্য টেন্সর ও ত্বরণ টেন্সর হয় না। যে কোনো একটিকে বেছে নিতে হবে। সেটা হচ্ছে ত্বরণ টেন্সর। আইনস্টাইনের মহাশূন্য জগৎ ও পার্থিব জগৎকে অভিন্ন মহাকর্ষ জগতে নিয়ে আসতে হবে। বিশ্বজগত দুটো ভাগে বিভক্ত নয়। এটা এক অভিন্ন বিশ্ব এবং মহাকর্ষ কর্তৃক নিয়ন্ত্রিত। সব মিলে এক অভিন্ন জগৎ ও অভিন্ন ত্বরণ টেন্সর হবে। সেটা হচ্ছে পদার্থবিজ্ঞানের সকল সূত্রের ঐক্যবদ্ধ বিধি।

উপসংহারে বলা যায়, সোয়ার্জচাইল্ডের সমাধান বিশ্লেষণে দেখা যায় আইনস্টাইন সার্বিক আপেক্ষিকবাদে ফিল্ড সমীকরণ দুইভাবে উপস্থাপন করেন। মহাশূন্যে এক ধরনের সমীকরণ এবং পার্থিব জগতে অন্য ধরনের সমীকরণ। প্রকৃত পক্ষে এ দু' ধরনের সমীকরণ মূলত একই প্রকৃতির। সেটা সোয়ার্জচাইল্ডের বহিঃসমাধান এবং অন্তঃসমাধানের ব্যাখ্যা থেকে ধরা পড়ে। এটা নিউটনীয় শূন্য সমীকরণ। কিন্তু ঐক্যবদ্ধ সূত্রে যেতে হলে নিউটনীয় ভাবধারাকে অতিক্রম করতে হবে। মহাকর্ষ সূত্র ও জড়তার সূত্রকে একসাথে গ্রথিত করতে হবে। সে অভিন্ন নিয়ম হচ্ছে গোলকীয় টেন্সর। সেটা ত্বরণ টেন্সর। মহাকর্ষ সকল গতিকে বৃত্তীয় নিয়মে প্রভাবিত করে বলে সকল গতি ত্বরণ সম্পন্ন হয়। সোয়ার্জচাইল্ডের বহিঃসমাধান পর্যালোচনা করলে সেটা পাওয়া যায়।

References

1. Phillips, C & Priwer, S., *Einstein*, Replika Press Pvt. Ltd., India, 2006. P. 125
2. Hawking S. W., *The Essential Einstein : His Greatest Works*, Penguin Books, 2007. P. 390
3. Hawking S. W., *The Black Holes and Baby Universes and Other Essays*. Bantan Books, New York, London, 199, P. 91
4, 5, 6. Prakash, S., *Relativistic Mechanics*, Pragati Prakashan, Meerut, India, 1985, P. 376-77.
7. Resnick, R. & Halliday, D., *Physics Part I*, Wiley Eastern Limited, New Delhi, 1966, P. 87.
8. Ali, S. M., (Dr.) *Tensor Analysis with application*, New Age, Dhaka, 2006, P. 197.

www.banglainternet.com

অধ্যায় ৯

মহাকর্ষ প্রভাব : দেশকাল ও ভর কীভাবে পরিবর্তন হয়?

(Influence of Gravitation : Daviation of Space-Time & Mass)

দেশকাল বলতে কী বোঝায়? পদার্থবিজ্ঞানে দেশকাল ও ভরের পরিবর্তন বলতে কীভাবে হয়? মহাকর্ষ কীভাবে দেশকাল ও ভরের পরিবর্তন করে? দেশকালের পরিবর্তন জানা জরুরি কেন? বিশেষ আপেক্ষিকবাদে এগুলোর ব্যাখ্যা আছে কি? এসব বিষয় নিয়ে আলোচনা হলো।

পৃথিবীতে প্রায় ১৯২টি ভৌগোলিক দেশ রয়েছে। পদার্থবিজ্ঞানে দেশ বলতে শুধু ভৌগোলিক দেশ বোঝায় না। পদার্থবিজ্ঞানে দেশ বলতে ভৌগোলিক দেশ এবং মহাশূন্যকে বোঝায়। আর কাল বলতে মহাকালকে বোঝায়। সুতরাং দেশকাল (Space-Time) বলতে দেশ, মহাশূন্য ও মহাকালকে একত্রে বোঝানো হয়। মহাকর্ষ প্রভাবে পৃথিবীর আহ্নিক গতি হয় এবং আহ্নিক গতির প্রভাবে কালের সৃষ্টি হয়। আর ভর বলতে বস্তুর মহাকর্ষ ভর ও জড় ভর একত্রে বোঝায়। বস্তু জড় ভর মহাকর্ষ ভর হতে প্রাপ্ত হয়। বস্তুর ভর থেকে দেশ সৃষ্টি হয়। এইভাবে মহাকর্ষ ভর এবং দেশকাল সৃষ্টি করে এবং গোলকীয় নিয়মে নিয়ন্ত্রণ করে (অধ্যায় ২, ৩)।

আইনস্টাইন বিশেষ আপেক্ষিকবাদের সাথে সময় প্রসারণ এবং দৈর্ঘ্য সংকোচন নীতির সংযোজন করেছেন। আবার তিনি সময় প্রসারণ ও দৈর্ঘ্য সংকোচনের সাথে কয়েকটি প্যারাডক্স উপস্থাপন করেছেন। এগুলো প্রকৃতির নিয়মের অপূর্ব বহিঃপ্রকাশ। তবে তিনি এসবের সঠিক কারণ উল্লেখ করেননি। আইনস্টাইন বিশেষ আপেক্ষিকবাদে মহাকর্ষ যুক্ত করেননি। একমাত্র মহাকর্ষ দ্বারাই প্যারাডক্সগুলো ব্যাখ্যা দেয়া সম্ভব। অন্য কোনোভাবে ব্যাখ্যা দেয়া সম্ভব নয়। এ জন্য জটিলতা সৃষ্টি হয়েছে। এই জটিলতা সার্বিক আপেক্ষিকবাদ পর্যন্ত গড়িয়েছে, সেখানেও এসব ব্যাপারে জট খোলা হয়নি। কারণ আইনস্টাইন সেখানে স্পষ্ট ধারণা দিতে পারেননি। আগেই বলা হয়েছে যে দেশকাল বক্র ও মহাকর্ষ বক্র। মহাকর্ষ (সূর্য) আহ্নিক গতি ও বার্ষিক গতির প্রভাবে গ্রহ-উপগ্রহগুলোকে বৃত্তীয় নিয়মে আকর্ষণ করছে বলেই এরা বৃত্তীয় নিয়মে ঘুরছে। ফলে সময় সৃষ্টি হয়েছে।

www.banglainternet.com

সেকেন্ড, মিনিট, ঘণ্টা, দিন, বছর ইত্যাদি এককে সময় গণনা হচ্ছে। তাই সময় হচ্ছে মহাকর্ষের সৃষ্টি। পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে সময়ের ব্যবধান হয়। তাই ঢাকা, দিল্লি, লন্ডন ও নিউইর্য়কের মধ্যে সময়ের ব্যবধান হয়। আবার বস্তু সাধারণ ধর্ম হিসেবে ভর অর্জন করতে পারে না। বস্তু মহাকর্ষ থেকে আকর্ষণের মাধ্যমে ভর ধার করে। বস্তু মহাকর্ষের প্রভাব থেকে ভর প্রাপ্ত হয়। এইভাবে মহাকর্ষ দেশকাল ও ভর সৃষ্টি করছে এবং বৃত্তীয় নিয়মে নিয়ন্ত্রণ করছে (অধ্যায় ২)।

দেখা যাক দেশকালের পরিবর্তন বলতে কী বোঝায়? মহাকর্ষ কীভাবে দেশকালের পরিবর্তন করে? এখানে কয়েকটি উদাহরণ দিয়ে সেটা বোধগম্য করা হলো। এখানে যমজ প্যারাডক্স উপস্থাপন করা হয়েছে। যমজ দুই বোন ছিলো। একজন পৃথিবীতে অবস্থান করছে এবং অন্যজন মহাশূন্যযানে দ্রুতগতিতে মহাশূন্যে ভ্রমণ করে পৃথিবীতে ফিরে এলো। এখন প্রশ্ন হলো ভ্রমণকারী বোন পৃথিবীতে অবস্থানকারী বোন থেকে বয়সে ছোট হবে কিনা? উত্তর হলো বয়সে ছোট হবে। বিশেষ আপেক্ষিকবাদে যমজ প্যারাডক্স সম্পর্কিত ব্যাখ্যা সঠিকভাবে আসেনি। বিশেষ আপেক্ষিকবাদে যমজ বোনের ব্যাখ্যা কীভাবে আসছে সেটা দেখা যাক। মহাশূন্য ভ্রমণকারী বোন সময়ের একটি সুবিধা গ্রহণ করেছে, আর ভূপৃষ্ঠে অবস্থানকারী বোন দুটি সুবিধা গ্রহণ করেছে (One position time is less than two position time. -McFarland, 1997)[1]। এ ধরনের ব্যাখ্যা বিশেষ আপেক্ষিকবাদকে জটিল করেছে। আসল ব্যাপারটি হলো দুই বোন দুই জড় কাঠামোতে অবস্থান করছে এবং তাদের জড় কাঠামোতে মহাকর্ষ প্রভাব পার্থক্য ছিলো বিধায় তাদের ওপর ভর ও সময়ের প্রভাব ভিন্ন হয়েছে। এটাকে আইনস্টাইন Twin Paradox নামে অভিহিত করেছেন।

দ্বিতীয়ত ঘরের মেঝে একটি ঘড়ি রয়েছে এবং ঘরের মেঝেতে রক্ষিত তিন ফুট উঁচু টেবিলের উপর অন্য একটি ঘড়ি রয়েছে। মহাকর্ষ প্রভাবের দরুন এ দুটো ঘড়ির মধ্যে সময়ের ব্যবধান হয়। দুটো ঘড়ির দূরত্ব কম বলে ওদের মধ্যে সময়ের ব্যবধান সূক্ষ্ম হবে। এটাই দেশকালের ব্যবধান। মহাকর্ষের প্রভাবের তারতম্যের জন্য এই ব্যবধান ঘটে। মহাকর্ষের প্রভাব বিভিন্ন দেশকালে সময়ের পার্থক্য হয় এবং বিভিন্ন দেশকালে বস্তুর ভরের পার্থক্য হয়। মহাকর্ষের প্রভাবের ফলে বিভিন্ন দেশকালে ঘড়ির কাঁটার ঘূর্ণন গতির সংকোচন ও প্রসারণ হয়। ফলে সময়ের ব্যবধান হয়। এটাকে আইনস্টাইন Clock Paradox বলেছেন। এই সব ঘটনাকে আইনস্টাইন সময় প্রসারণ এবং দৈর্ঘ্য সংকোচন নামে অভিহিত করেছেন।

বস্তুর আকার, আয়তন, ঘনত্ব এবং অবস্থানের উপর ভিত্তি করে মহাকর্ষ প্রভাবের তারতম্য হয়। এর ফলে সময়ের পরিবর্তন হয়। সময় কী? সময় হচ্ছে মহাকর্ষের হাতের পুতুল। মহাকর্ষ অনুরূপভাবে সময়কে নিয়ন্ত্রণ করে। আইনস্টাইন

www.banglainternet.com

মহাকর্ষের প্রভাবের উপর গুরুত্ব আরোপ করেছেন কিন্তু মহাকর্ষকে কারণ হিসেবে উল্লেখ করেননি। ফলে সময় প্রসারণ এবং দৈর্ঘ্য সংকোচনের মূল কারণ অনুদঘাটিত রয়ে গেছে। মহাকর্ষের প্রভাবের তারতম্যের কারণে ভর ও সময় একই মুহূর্তে বিভিন্ন দেশকালে ব্যবধান হয়। একটি নির্দিষ্ট মুহূর্তে সাগরপৃষ্ঠে, ভূ-পৃষ্ঠে, পর্বতশৃঙ্গে, চন্দ্রপৃষ্ঠে অথবা ঊর্ধ্বাকাশে ভর ও সময়ের ব্যবধান হয়। গ্রহগুলোর কেন্দ্র থেকে ঊর্ধ্বাকাশে দূরত্বের ব্যবধান অনুসারে মহাকর্ষ প্রভাবে বস্তুর মহাকর্ষ ভরের হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে। বলা যায় ঊর্ধ্বাকাশে সময়ের প্রসারণ ঘটে এবং নিম্নদেশে সময়ের সংকোচন ঘটে। সময়ের প্রসারণ ও সংকোচনকে মহাকর্ষের প্রসারণ ও সংকোচন বলা যায়। একই ভাবে মহাকর্ষ প্রভাবের তারতম্যের দরুন বস্তুর ভরের ব্যবধান হয়, দেশকালের ব্যবধান হয় এবং সময়েরও ব্যবধান হয়।

বিশেষ আপেক্ষিকবাদে ভূ-পৃষ্ঠে একটা ঘড়ির মধ্যে সময়ের প্রসারণ ও সংকোচন ঊর্ধ্বাকাশে একটা ঘড়ির সময়ের প্রসারণ ও সংকোচন পার্থক্য হয়। মহাকর্ষের ব্যবধানের জন্য সময়ের প্রসারণ ও সংকোচন হয়। একইভাবে সময় বিভিন্ন জড় কাঠামো, বিভিন্ন দেশকাল এবং বিভিন্ন বস্তুর মধ্যে পার্থক্য হয়। Twin Paradox-এ একই নিয়মে সময়ের ব্যবধান হয়। আইনস্টাইনের সকল ধরনের প্যারাডক্সে একইভাবে সময়ের ব্যবধান হয়।

মহাকর্ষের আকর্ষণের তারতম্য জনিত কারণে বস্তুর ভরে ব্যবধান, সময়ে ব্যবধান, দৈর্ঘ্যে ব্যবধান এবং স্থানে ব্যবধান সৃষ্টি করে। বস্তুর ভরের ব্যবধান প্রকাশ করে যে বস্তুর স্থায়ী ভর নেই। বস্তু মহাকর্ষের নিকট থেকে আকর্ষণ হিসেবে ভর পায়। ফলে বস্তুর ভর স্থানকাল ভেদে নিরূপিত হয়। ইয়টভস, ডিকি ও ব্রিজিসকির পরীক্ষার ফলাফল অনুসারে বস্তুর যখন যে অবস্থায় মহাকর্ষভর যত জড়ভর তত (As the gravitational mass so the inertial mass of the body. -Good, 1974)[2]। যদিও এসব পরীক্ষাগুলো ফলাফলের ব্যাখ্যা সঠিকভাবে দেয়া সম্ভব হয়নি। তবে এটা বলা যায় যে বস্তুর স্থায়ী মহাকর্ষ ভর নেই এবং স্থায়ী জড় ভরও নেই। বস্তুর জড় ভরের স্থায়ী অস্তিত্ব নেই, এটা সর্বদা মহাকর্ষ ভরের উপর নির্ভরশীল এবং স্থানভেদে পরিবর্তনশীল। বিশেষ আপেক্ষিকবাদে দেশকাল ও ভরের কীভাবে পরিবর্তন হয় সেটার ব্যাখ্যা দেয়া হয়নি (অধ্যায় ২, ৩)।

উপসংহারে বলা যায়, মহাকর্ষ প্রভাবে বস্তু ভর প্রাপ্ত হয়। আবার মহাকর্ষ প্রভাবে আহ্নিক গতি হচ্ছে এবং আহ্নিক গতির প্রভাবে কালের সৃষ্টি হচ্ছে। এই ভাবে মহাকর্ষ ভর ও দেশকাল সৃষ্টি করছে এবং গোলকীয় নিয়মে নিয়ন্ত্রণ করছে। গ্রহগুলোর কেন্দ্র থেকে ঊর্ধ্বাকাশে মহাকর্ষ প্রভাব ক্রমশ কমবে এবং ঊর্ধ্বাকাশ থেকে কেন্দ্রের দিকে প্রভাব ক্রমশ বাড়বে। ফলে কেন্দ্র থেকে ঊর্ধ্বাকাশে বস্তুর ভর ক্রমশ কমবে ও দেশকালের ব্যবধান ক্রমশ বাড়বে এবং ঊর্ধ্বাকাশ থেকে

www.banglainternet.com

গ্রহগুলোর কেন্দ্রর দিকে বস্তুর ভর ক্রমশ বাড়বে ও দেশকালের ব্যবধান ক্রমশ কমবে। এভাবেই দেশকাল ও ভরের ব্যবধান হয়।

References

1. McFarland, E., *Einstein's Special Relativity*, Trifolium Books Inc. Toronto 1997, P. 35.
2. Good, R.H., *Basic Concepts of Relativity*, East-West Press Pvt. Ltd. New Delhi, 1974, P. 80-81

www.banglainternet.com

ঐক্যবদ্ধ মতবাদ
এটার প্রয়োজনীয়তা কেন?
(Unification Theory : Necessity of Unification Theory)

ঐক্যবদ্ধ মতবাদ কী? এই মতবাদের প্রয়োজনীয়তা কেন? মহাকর্ষ কীভাবে মহাবিশ্বের সকল ঘটনাবলির সাথে জড়িত? এই মতবাদের মূল বৈশিষ্ট্যগুলো কী? ঐক্যবদ্ধ সূত্রের ব্যাখ্যা কীভাবে? ঐক্যবদ্ধ সূত্রের সমীকরণ কীভাবে? কৌণিক বেগ ও রৈখিক গতির মধ্যে পার্থক্য কী? এখানে এই বিষয়গুলো নিয়ে আলোচনা হলো।

প্রকৃতির মাঝে বিরাজমান বলগুলোকে মহাকর্ষ যেভাবে বৃত্তীয় নিয়মে নিয়ন্ত্রণ করে, সে প্রক্রিয়াই হচ্ছে ঐক্যবদ্ধ বল। অন্যভাবে বলা যায়, প্রকৃতির মাঝে বিরাজমান বলগুলো যে নিয়মে ঐক্যবদ্ধভাবে কাজ করে সেটাই ঐক্যবদ্ধ বল এবং সে সম্পর্কিত মতবাদ হচ্ছে ঐক্যবদ্ধ মতবাদ। আর পদার্থবিজ্ঞান ও গণিতের সাধারণ সূত্রগুলোর মধ্যে ঐক্য সৃষ্টি করাই হচ্ছে ঐক্যবদ্ধ মতবাদ। হকিং বলেন, ঐক্যবদ্ধ মতবাদ হচ্ছে একটি সুসংগঠিত মতবাদ, যা বিশ্বের সকল ঘটনার ব্যাখ্যা দিতে পারে (Unification theory is a complete unified theory that will describe everything in the universe. -Hawking, 1988)[1]। ঐক্যবদ্ধ সূত্র এবং এর আংশিক সূত্রগুলো দিয়ে প্রকৃতির নিয়মগুলোর ব্যাখ্যা দেয়া যায়।

মহাকর্ষ সকল গতিশীল বস্তুকে বাঁকিয়ে দেয় বলে গতি বৃত্তীয় নিয়মে কাজ করে। এভাবে মহাকর্ষ বিশ্বকে বৃত্তীয় নিয়মে নিয়ন্ত্রণ করে। বস্তু জগতকে বৃত্তীয় নিয়মে নিয়ন্ত্রণ করাই হচ্ছে ঐক্যবদ্ধ বিধি। তখন মহাকর্ষ সূত্র ও জড়তার সূত্র মিলে একটি অভিন্ন সূত্র হয়, সেটাই ঐক্যবদ্ধ সূত্র। অন্যথায় জড় জগৎ ও মহাকর্ষ আলাদা থেকে যাবে। কামানের গোলা এবং গ্রহগুলো দেশকালের মধ্য দিয়ে সোজাভাবে চলতে চেষ্টা করে কিন্তু দেশকাল সমতল নয়, দেশকাল বক্র এবং প্যাঁচালো। তাই কামানের গোলা এবং গ্রহগুলোর গতি বক্র হয়। এভাবে সকল গতি বৃত্তীয় হয় (Objects like cannonballs and planets try to move on a straight line through space-time, but because space-time is curved, warped, rather than flat, their paths appear to be bent. -Hawking, 1993)[2]।

www.banglainternet.com

পদার্থবিজ্ঞান পদার্থের সাধারণ ধর্মগুলোকে নিয়ে আলোচনা করে কিন্তু এতদিন সেটা ঐক্যবদ্ধ মতবাদের ক্ষেত্রে বিবেচনায় আনা হয়নি। আইনস্টাইন পদার্থের সাধারণ ধর্মগুলোকে সমন্বয় করতে চেয়েছিলেন (Einstein wished to relate all the properties of matter in a unified theory. –Strathern, 1997)[১]। বস্তুজগৎ নিয়ন্ত্রণে আসলে বস্তুর সাধারণ ধর্মগুলো নিয়ন্ত্রণে আসে, কারণ সাধারণ ধর্মগুলো নিয়ে বস্তু জগৎ গঠিত। ঐক্যবদ্ধ মতবাদের প্রধান কাজ হচ্ছে পদার্থের সাধারণ ধর্ম জড় বল, মহাকর্ষ বল, ব্যাসার্ধ বল, বৃত্তীয় ত্বরণ এবং সময়কে সমন্বিত করে সূত্র প্রদান করা। পদার্থের স্থিতিশীল এবং গতিশীল উভয় অবস্থায় মহাকর্ষের প্রভাব পড়ে। পদার্থ গতিশীল হলে এটার ধর্মগুলো অভিন্ন বৃত্তীয় নিয়মে মহাকর্ষের অধীনে কাজ করে এবং বৃহৎ ঐক্য সৃষ্টি করে। এটাই পদার্থবিজ্ঞানে গতির সূত্রগুলোর ঐক্য। জড়ভর মহাকর্ষের অধীন কাজ করলে বস্তুর সাধারণ ধর্মগুলো মহাকর্ষের অধীন চলে আসে। তখন মহাবিশ্বে মহাকর্ষের আর কোন প্রতিদ্বন্দ্বী থাকে না। তখন জড় বল ও মহাকর্ষ মিলে ঐক্যবদ্ধ বল সৃষ্টি হয়। ঐক্যবদ্ধ বল মহাকর্ষ কর্তৃক নিয়ন্ত্রিত হয়। মহাকর্ষ একক বল হিসেবে বিশ্বকে বৃত্তীয় নিয়মে নিয়ন্ত্রণ করে (অধ্যায় ১৩)।

ঐক্যবদ্ধ মতবাদে পদার্থবিজ্ঞান ও গণিতের সূত্রগুলোর সমন্বয় এবং পদার্থের সাধারণ ধর্মগুলোর সমন্বয় অভিন্ন অর্থে চলে এসেছে। বল যেভাবেই প্রয়োগ হোক না কেন এবং গতি যেভাবেই সৃষ্টি হোক না কেন, মহাকর্ষ সর্বদাই গতিশীল বস্তুর উপর প্রভাব বিস্তার করে। মহাকর্ষ যখন কোনো বস্তুকে প্রভাবিত করে তখন বস্তুটি বৃত্তীয় নিয়মে গতিশীল হয়। কোনো বস্তুর গতি সামগ্রিকভাবে রৈখিক মনে হয় কিন্তু প্রকৃত পক্ষে মহাকর্ষ প্রভাবে গতি বৃত্তীয় নিয়মে সৃষ্টি হয় এবং রৈখিক নিয়মে প্রকাশ পায়। বাস, ট্রেন, বিমান ইত্যাদির সামগ্রিক গতি রৈখিক মনে হলেও ইঞ্জিন ও চাকা বৃত্তীয় নিয়মে কাজ করে। যা হোক বল প্রাকৃতিক কিংবা জৈবিক কিংবা যান্ত্রিক কিংবা ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক কিংবা আণবিক হোক প্রয়োগ ক্ষেত্রে বৃত্তীয় নিয়মে হয়। মহাকর্ষ ও জড়তার যুক্তনীতি পদার্থবিজ্ঞানের সূত্রগুলোর ঐক্য সৃষ্টি করে বিধায় এটাকে ঐক্যবদ্ধ মতবাদ বলে (অধ্যায় ১৫)।

ঐক্যবদ্ধ মতবাদের প্রয়োজনীয়তা কেন

গ্রিক গণিতবিদগণ পৃথিবীকে সমতল ধরে সমতলীয় জ্যামিতি রচনা করেছিলেন। আবার গ্রিকদের অনুকরণে গ্যালিলিও-নিউটন বলবিজ্ঞানে রৈখিক গতি প্রচলন করেছিলেন। তাঁরা রৈখিক গতির সূত্র প্রদান করেছিলেন। কিন্তু পৃথিবী গোলক ও ঘূর্ণনশীল। এখানে গোলকীয় জ্যামিতি সৃষ্টি হওয়ার কথা ছিলো কিন্তু সেটা হয়নি। দুঃখজনক হলেও সত্য যে তরুণ সমাজ রৈখিক জ্যামিতি ও রৈখিক বীজ গণিত পাঠ করে গোলকীয় পৃথিবী সম্পর্কে ভুল তথ্য লাভ করছে। ফলে গোলকীয় জ্যামিতি ও

www.banglainternet.com

প্রকৃত পদার্থবিজ্ঞান সৃষ্টি হয়নি। বর্তমান অবস্থায় বিজ্ঞানী ও গণিতবিদগণ সঠিক তথ্য প্রকাশ করতে পারছে না। গোলকীয় জ্যামিতি সৃষ্টি হলে গণিত ও ভৌত বিজ্ঞানে ব্যাপক পরিবর্তন আসবে। আর বলবিজ্ঞানে জড়তার সূত্র ও মহাকর্ষ সূত্র সমন্বয় হবে এবং সেটাই হবে ঐক্যবদ্ধ সূত্র। এতোদিন বৈজ্ঞানিক তত্ত্বগুলোর ব্যাখ্যা দেয়ার উপকরণ হাতে ছিলো না। এখন ঐক্যবদ্ধ সূত্র দ্বারা মহাবিশ্বের ঘটনাবলির ব্যাখ্যা দেয়া যাবে। আর এই সূত্র দ্বারা বৈজ্ঞানিক তত্ত্ব ও আবিষ্কারগুলোর সমন্বয় করা সম্ভব হবে এবং সবগুলো তত্ত্ব একত্রে গ্রথিত করা যাবে। অন্যদিকে ফাঁকা স্থানে নতুন নতুন তত্ত্ব চলে আসতে পারে। বলবিজ্ঞান ও গণিতের বিক্ষিপ্ত সূত্রগুলোর সমন্বয়ের জন্য ঐক্যবদ্ধ সূত্র প্রয়োজন এবং যে কোনো সূত্রের জন্য মহাকর্ষ সূত্র বা ঐক্যবদ্ধ সূত্রের সহায়তা প্রয়োজন হবে (অধ্যায় ২, ৩, ৪, ৬, ৭, ১৩, ১৪)।

মহাকর্ষ কীভাবে মহাবিশ্বের সকল ঘটনাবলিকে প্রভাবিত করে

বিশ্বজগৎ মহাকর্ষ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত। মহাকর্ষ মহাবিশ্বের সকল ঘটনার সাথে জড়িত। তাই মহাকর্ষ মহাবিশ্বের সকল ঘটনাকে প্রভাবিত করছে। এখানে বেশ কিছু উদাহরণ দেয়া হলো মহাকর্ষ কীভাবে বিশ্বের ঘটনাবলির সাথে জড়িত রয়েছে এবং নিয়ন্ত্রণ করছে।

১. মহাকর্ষ কীভাবে বিশ্বকে কঠোরভাবে নিয়ন্ত্রণ করে : মহাকর্ষের বৃত্তীয় আকর্ষণের ফলে গ্রহগুলো সূর্যের চারদিকে আবর্তন করে। আবর্তনকালে গ্রহগুলোর বিভিন্ন অবস্থানের জন্য সূর্য কখনো লম্বভাবে কিরণ দেয়, কখনো তির্যকভাবে কিরণ দেয়। ফলে ঋতু পরিবর্তন হয়। গ্রীষ্ম বর্ষা শীত বসন্তের আগমনে ধরণী ফুলে-ফলে ও তরুলতায় সুশোভিত হয়। ঋতু পরিবর্তনের আবেশে প্রাণীদের প্রজনন ও প্রজন্ম হয়। প্রাণীকুল ফলমূল ও তরুলতা খেয়ে বেঁচে থাকে। পৃথিবীর আহ্নিক গতি, বার্ষিক গতি, বায়ু প্রবাহ, বৃষ্টিপাত, সমুদ্রস্রোত, জোয়ার ভাটা, চন্দ্র গ্রহণ, সূর্য গ্রহণ ইত্যাদির সাথে মহাকর্ষ জড়িত। বিশ্বের প্রতিটি ঘটনার সাথে মহাকর্ষ জড়িত এবং এগুলো কঠোরভাবে নিয়ন্ত্রণ করছে। বলা যায় যে মহাকর্ষ টিকে থাকলে বিশ্ব জগৎ টিকে থাকবে।

২. মহাকর্ষ কীভাবে বৃত্তীয় নিয়মে কাজ করে : গ্যালিলিও বলেন যে গ্রহগুলো সূর্যের চারদিকে। উপগ্রহগুলো গ্রহের চারদিকে ঘোরে। এমনকি নক্ষত্রগুলো স্থির নয়, এদের আহ্নিক গতি ও বার্ষিক গতি রয়েছে। মহাকর্ষ প্রভাবে সকল গতি বৃত্তীয় হচ্ছে। তাই দেশকাল ও মহাকর্ষ বক্র হচ্ছে। মহাকর্ষ ও দেশকাল বক্র বিধায় সকল গতিশীল বস্তু বৃত্তীয় নিয়মে গতিশীল (Gravity is not a force like other forces, but is a consequence of the fact that space-time is not flat, as had been previously assumed : it is curved, or warped. -Hawking,

www.banglainternet.com

1988)[5]। আর ভূ-পৃষ্ঠে বাস, ট্রেন, যানবাহন ইত্যাদি চাকার উপর ভর দিয়ে গতিশীল হয়। এখানে জড় বল ও মহাকর্ষ বল মিলে বৃত্তীয় গতি হয় এবং ভরবেগ বা ত্বরণ সৃষ্টি করে। এটা ঐক্যবদ্ধবল যার সাথে যুক্ত থাকে প্রযুক্ত বল, মহাকর্ষ বল, অভিকর্ষ বল, ব্যাসার্ধ বল, বৃত্তীয় ত্বরণ ও সময়জনিত প্রভাব। ঐক্যবদ্ধ বলের সাথে যুক্ত ছয়টি উপাদানের হার বের করতে হবে। এভাবে প্রকৃতির সব বল একত্র মিলে ঐক্যবদ্ধ বল সৃষ্টি করে।

৩. মহাকর্ষ প্রভাবে গণিতে গোলকীয় গতি কীভাবে সৃষ্টি হয় : রীম্যান কার্টিসান তিন মাত্রিক স্থানাঙ্ক (x, y, z)কে গোলকীয় স্থানাঙ্ক (r, θ, ϕ)-এ রূপান্তর করেছিলেন। আবার রীম্যান ম্যাট্রিক টেন্সরে N সংখ্যক মাত্রা যুক্ত হলে গোলকীয় স্থানাঙ্ক সৃষ্টি করেন। অন্যভাবে মিনকোস্কি ও আইনস্টাইন স্থানের তিনমাত্রার সাথে সময়কে চতুর্থ মাত্রা হিসেবে যুক্ত করে নিজেদের অলক্ষে গোলকীয় গতি রচনা করেন। তখনকার দিনে গোলকীয় স্থানাঙ্কের সাথে সময় যুক্ত করা হলে যে গোলকীয় গতি সৃষ্টি হয় সেটা জানা ছিলো না। মহাকর্ষ প্রভাব তথা পৃথিবীর আবর্তনের ফলে সময় সৃষ্টি হয়েছে এবং এই সময়কে বলবিজ্ঞান ও জ্যামিতির গোলকীয় ক্ষেত্রে যুক্ত করে গোলকীয় গতি সৃষ্টি করা হয়েছে।

৪. মহাকর্ষ ভর ও জড় ভর কী : রোনাল্ড ইয়টভস, ইগর ব্রিজিস্কি ও রবার্ট ডিকি বিজ্ঞানীত্রয় ভ্রান্ত নিয়মে পরীক্ষণের মাধ্যমে প্রমাণ করেন যে বস্তুর মহাকর্ষ ভর ও জড় ভর সমান (Gravitational and inertial mass are equal. –Born, 1962)[6]। এটাকে বলা হয় বস্তুর মহাকর্ষ ভর যত জড় ভর তত। কিন্তু এই পরীক্ষণের ব্যাখ্যা ঠিকভাবে আসেনি এবং উক্ত পরীক্ষণ দ্বারা গ্যালিলিওর পড়ন্ত বস্তুর সমগতিতে পতনের কারণ ব্যাখ্যা দেয়া সম্ভব হয়নি। এই পরীক্ষাগুলো ছিলো বিজ্ঞান জগতের এক বিরাট বিপর্যয়। বস্তু মহাকর্ষ হতে ভর প্রাপ্ত হয় বলে জড় ভর মহাকর্ষের উপর নির্ভরশীল। তাই জড়ভর ও মহাকর্ষ ভর সমতুল্য নয় বিধায় এদের মধ্যে তুলনা চলে না। বস্তু মহাকর্ষ হতে ভর সাপেক্ষে জড় ভর প্রাপ্ত হয় বলে এরা সমতুল্য না হয়ে সমানুপাতিক হবে। অন্যথায় মহাবিশ্ব জড় জগৎ ও মহাকর্ষ জগৎ দ্বিধা বিভক্ত থেকে যায়। এখানে মহাকর্ষের প্রাধান্য প্রকাশের জন্য সমানুপাতিক নীতি ধরা হয়েছে। কারণ মহাকর্ষ দ্বারা স্থির বস্তু ভরে পরিণত হয় এবং গতিশীল বস্তু ভরবেগে রূপান্তরিত হয় (By gravitation static body stands to mass and moving body stands to acceleration. –Tajuddin and others, 2008)[7]। একই ভাবে আইনস্টাইনের জড় ভর ও মহাকর্ষ ভরের সমতুল্য নীতি ($m_i = m_g$) এবং শক্তি ও ভরের সমতুল্য নীতিকে ($E = mc^2$), জড় ত্বরণ ও মহাকর্ষ ত্বরণের সমত্বরণ নীতিকে সমানুপাতিক নীতি ধরতে হবে। সমানুপাতিক নীতির মধ্যে মহাকর্ষের প্রাধান্য রয়েছে (অধ্যায় ১৩, ১৪)।

www.banglainternet.com

৫. মহাকর্ষ কীভাবে স্থলে বাস-ট্রেন ও আকাশে বিমান উড়তে সহায়তা করে : মহাকর্ষ আকর্ষণ দ্বারা বস্তুকে ভর প্রদান করে বিধায় গ্রহ-উপগ্রহগুলো নিখুঁতভাবে বৃত্তীয় নিয়মে ঘুরছে। এখানে আকর্ষণ ও বস্তু ভর সমানুপাতিক। আকাশে যখন বিমান উড়ে তখন একদিকে গতিশীল বিমানের জড় ভর কমে যায় এবং অন্যদিক মহাকর্ষ ভর বেগে রূপান্তরিত হয়। তখন বিমান ভরশূন্য হয়ে আকাশে উড়তে থাকে। বাস, ট্রেন ইত্যাদি চলন্তকালে জড় ভর কমে যায় এবং মহাকর্ষ ভর বেগে রূপান্তরিত হয়। আবার যানবাহন চাকার উপর প্রতিষ্ঠিত বলে সহজেই চলমান হয়। কারণ বৃত্তীয় গতি ও চক্র গতি অভিন্ন। মহাকর্ষ যেহেতু প্রযুক্ত বলের সাথে যুক্ত হয়, তাই সকল ক্ষেত্রেই ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া বেশি হয়। চিরায়ত বলবিজ্ঞানের গতির তৃতীয় সূত্রে প্রযুক্ত বলের সাথে অন্য কোনো বল যুক্ত করা হয়নি বিধায় ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া সমান। মহাকর্ষ ভরকে বেগে রূপান্তরিত করে বিধায় বস্তু সহজে বৃত্তীয় নিয়মে গতিশীল হয় (অধ্যায় ৩)।

৬. মহাকর্ষ কীভাবে আলোর প্রতিসরণকে প্রভাবিত করে : আলোর প্রতিসরণ দিয়ে মহাকর্ষ প্রভাব ও ঐক্যবদ্ধ নিয়মের স্বরূপ উদঘাটন করা যায়। আলো এক মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে গমন করলে মহাকর্ষ প্রভাবে বেঁকে যায়। এই বেঁকে যাওয়ার নীতিকে আলোর প্রতিসরণ বলে। বিশেষ করে আলো ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে গমন করলে বৃত্তীয় নিয়মে গতি সৃষ্টি হয়। তাই আলোর প্রতিসরণ নিয়মকে পদার্থবিজ্ঞানে গতি সৃষ্টির বৃত্তীয় নিয়ম হিসেবে গ্রহণ করা যায়। আলো বায়ু থেকে কাচের মধ্যে প্রবেশ করলে বেঁকে যায়, আবার কাচ থেকে বায়ুতে প্রবেশ করলে উল্টো দিকে বেঁকে যায়। গতির মাধ্যম পরিবর্তন হলে বক্র হয় এবং বেগের পরিবর্তন হয়। এখানে বিবেচ্য বিষয় হলো আলো ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে গমন করলে বেঁকে যায় এবং গতি বৃদ্ধি পায়। ঘন মাধ্যমে মহাকর্ষ প্রভাব বেশি এবং হালকা মাধ্যমে মহাকর্ষ প্রভাব কম। তাই হালকা মাধ্যমে আলো অধিক দ্রুত গতিতে গমন করতে পারে। আলো ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে গমন করলে গোলকীয় প্রক্রিয়ায় ত্বরণ গতি সৃষ্টি হয় এবং এটাই গতি সৃষ্টির আদি নিয়ম। এখানে এই ধারণা সাধারণীকরণ করা হয়েছে। অর্থাৎ কোনো প্রবাহ ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যম কিংবা উচ্চচাপ থেকে নিম্নচাপে কিংবা উচ্চতাপ থেকে নিম্নতাপে কিংবা উচ্চশক্তি থেকে নিম্ন শক্তিতে গমন করলে বেঁকে যায় এবং গতি সৃষ্টি হয়। এখানে উচ্চ চাপ এবং উচ্চ তাপকে ঘন মাধ্যম হিসেবে ধরা হয়েছে। ইঞ্জিনে উচ্চ তাপ ও চাপ থেকে নিম্ন চাপে প্রবাহের ফলে গতি সৃষ্টি হয়। এটাই হচ্ছে গোলকীয় গতি বা বৃত্তীয় গতি। একই বল বারবার প্রয়োগ করা হলে বৃত্তীয় গতি সৃষ্টি হয়। যানবাহনের ইঞ্জিনে এভাবে গতি সৃষ্টি হয়। আইনস্টাইন বলেন প্রকৃতির নিয়ম জড়কাঠামো নির্বিশেষে সর্বত্র অভিন্ন হয় (The laws of nature remain covariant independent of the frame of reference. -Prakash.

www.banglainternet.com

1985)[8]। এটাই গতি সৃষ্টির অভিন্ন বিধি। এখানে গতি কীভাবে সৃষ্টি হলো এবং মহাকর্ষ প্রভাবে কীভাবে বৃত্তীয় নিয়মে গমন করে সেটাই ব্যক্ত করা হলো। এটা মহাকর্ষ প্রভাবে বৃত্তীয় গতি সৃষ্টির এক অসামান্য উদাহরণ। আলোর বৃত্তীয় গতির ধারণা পদার্থবিজ্ঞানের সর্বত্র কার্যকরী হবে (অধ্যায় ১৫)।

৭. তাত্ত্বিক পদার্থবিজ্ঞান ও কোয়ান্টাম বলবিজ্ঞানের মধ্যে পার্থক্য কোথায় : পদার্থবিজ্ঞানের অনেক শাখা রয়েছে, তন্মধ্যে তাত্ত্বিক পদার্থবিজ্ঞান ও কোয়ান্টাম বিজ্ঞান অন্যতম। তাত্ত্বিক পদার্থবিজ্ঞান যৌক্তিকভাবে বিশ্বজগৎ নিয়ে আলোচনা করে, আর কোয়ান্টাম বিজ্ঞান পদার্থের অণু-পরমাণুর গঠনগত দিক নিয়ে আলোচনা করে। আইনস্টাইন তাত্ত্বিক পদার্থবিজ্ঞানের প্রবক্তা ছিলেন। কয়েকজন কোয়ান্টাম বিজ্ঞানী কর্তৃক প্রবর্তিত আলোর দ্বৈত নীতি কণা ও তরঙ্গ, তিনি গ্রহণ করতে পারেননি। তিনি মনে করতেন, একই বিষয়ের দ্বিমুখী নীতি হতে পারে না। তাই তিনি বলেছিলেন 'ঈশ্বর পাশা খেলেন না।' আইনস্টাইন জীবনের শেষ ত্রিশ বছর ধরে ঐক্যবদ্ধ মতবাদ রচনার চেষ্টা চালিয়েছিলেন। একদিকে আইনস্টাইন দেশকাল বক্র ও মহাকর্ষ বক্র খুঁজে পেয়েছিলেন। তাই তিনি সূর্যের চারদিকে গ্রহের ঘূর্ণন গতি দ্বারা মহাকর্ষ সূত্র তথা ঐক্যবদ্ধ মতবাদ রচনা করতে চেয়েছিলেন। কিন্তু তিনি জীবনের শেষ ত্রিশ বছর আপ্রাণ চেষ্টা করেও সফল হতে পারেননি। অন্যদিকে কোয়ান্টাম বিজ্ঞানীগণ মনে করতেন, কোয়ান্টাম বলবিজ্ঞানের মাধ্যমে ঐক্যবদ্ধ মতবাদ রচনা সম্ভব। কিন্তু আমেরিকার ডালাসে এবং জেনেভার জুরা পর্বতের নিচে পরিচালিত পরীক্ষণ দ্বারা সেটা সম্ভব হয়নি। আইনস্টাইন কর্তৃক পরিচালিত তাত্ত্বিক পদার্থবিজ্ঞানেই সেটা সম্ভব ছিলো। বর্তমান গবেষণা দ্বারা সেটা প্রমাণ করা হয়েছে। প্রশ্ন হলো কোয়ান্টাম বলবিজ্ঞানের মৌলিক চারটি বলকে কীভাবে ঐক্যবদ্ধ মতবাদের সাথে সংযুক্ত করা যায়। বিষয়টি হলো মহাকর্ষ ঐক্যবদ্ধ বলকে নিয়ন্ত্রণ করছে। মহাকর্ষ হচ্ছে দূরপাল্লার বল ও আকর্ষণকারী বল কিন্তু বাকি তিনটি বল হচ্ছে স্বল্প পাল্লার বল। মহাকর্ষ সকল বলকে আকর্ষণ ও নিয়ন্ত্রণ করছে (Gravitational Forces can dominate over all other forces. -Hawking, 1988)[4]। এতে দেখা যায় তাত্ত্বিক পদার্থবিজ্ঞান ও কোয়ান্টাম বিজ্ঞানে কোনো বিরোধ নেই। উভয় ক্ষেত্রে মহাকর্ষ প্রভাব অত্যন্ত প্রবল।

ঐক্যবদ্ধ মতবাদের বৈশিষ্ট্যগুলো কী?

১. মহাকর্ষ স্থির বস্তুকে আকর্ষণ দ্বারা ভর প্রদান করে এবং গতিশীল বস্তুকে ভরবেগ প্রদান করে (By gravitation static body stands to mass and moving body stands to acceleration. -Tajuddin & Others, 2008)[9]।

www.banglainternet.com

২. মহাকর্ষ বস্তুর ভর অনুপাতে আকর্ষণ করে বিধায় মহাকর্ষ ভর ও জড় ভর সমতুল্য নয় বরং এরা সমানুপাতিক।

৩. মহাকর্ষ বস্তুকে বৃত্তীয় নিয়মে আকর্ষণ করে বিধায় গতিশীল বস্তু বৃত্তীয় নিয়মে গতিশীল হয়।

৪. সকল ক্রিয়ার উপর মহাকর্ষ প্রভাব থাকে বিধায় ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া অধিক হয়।

৫. মহাকর্ষ প্রভাবে কোনো ক্রিয়ার লব্ধি কখনও শূন্য হতে পারে না এবং সর্বদাই এটার ত্বরণ বা মন্দন হয় (The resultant force on a body can never be zero and it is always in the form of acceleration or retardation. -Tajuddin & Biswas 2005)[10]।

৬. মহাকর্ষ ক্ষেত্রে জড় বল ও মহাকর্ষ বল একত্র যুক্ত হয় বলে গতি সর্বদাই ত্বরণ সম্পন্ন হয়।

৭. ঐক্যবদ্ধ সূত্রে উচ্চচাপ বনাম নিম্নচাপ, উচ্চশক্তি বনাম নিম্নশক্তি, উচ্চতাপ বনাম নিম্নতাপ, উচ্চ প্রবাহ বনাম নিম্ন প্রবাহ ইত্যাদি বল সঞ্চালনের মাধ্যমগুলো জড়িত থাকে।

৮. ঐক্যবদ্ধ সূত্রে সমানুপাতিক সমীকরণ ব্যবহার হয়। এখানে রেখ উপাদান টেন্সর ব্যবহার করা হয় (অধ্যায় ২১)।

ঐক্যবদ্ধ সূত্রের সমীকরণ কীভাবে হয়

ঐক্যবদ্ধ সূত্র গতির সকল সূত্রকে সমন্বয় করে। মহাকর্ষ ক্ষেত্রে এই সূত্রের উদ্ভব হয় এবং এটা বৃত্তীয় নিয়মে হয়। এখানে প্রযুক্ত বল, মহাকর্ষ, অভিকর্ষ, ব্যাসার্ধ বল, বৃত্তীয় ত্বরণ ও সময় মিলে এই সূত্রের সৃষ্টি হয়। গতি প্রতি ঘূর্ণনে পরিধির সমান পথ অতিক্রম করে। এই সূত্রটি হলো, পরিধি = $2\pi rt$ (পরিধি/ব্যাস = π, বা, পরিধি/ $2r = \pi$, বা, পরিধি $=2\pi r$ এবং এতে সময় (t) যুক্ত করা হয়) অর্থাৎ একটি নির্দিষ্ট সময়ে কোনো গতি বৃত্তের পরিধির সমান দূরত্ব অতিক্রম করে। এটাই ঐক্যবদ্ধ সূত্র। এখানে ঐক্যবদ্ধ সূত্রের তিনটি ব্যাখ্যা দেয়া হলো। সূত্রগুলো নিম্নরূপ—

(1) $ds^2 \propto 2\pi rt$

(2) $2\ rt \propto 2\pi rt$

(3) $ds^2 \propto p \times 2\pi r \times f \times t$

গোলকীয় জগতে ঐক্যবদ্ধ সূত্রের প্রথম সমীকরণ হচ্ছে রেখ উপাদান ($ds^2 \propto 2\pi rt$)। সমীকরণের প্রথম অংশে রেখ উপাদান (ds^2) এবং দ্বিতীয় অংশে গোলকীয় ক্ষেত্র ($2\pi rt$) বোঝায়। দ্বিতীয় সমীকরণ হচ্ছে নিউটনীয় মহাকর্ষহীন দূরত্ব থেকে মহাকর্ষীয় গোলকীয় দূরত্ব ($2rt=2\pi rt$) রূপান্তর বোঝায়। এখানে কোনো গতি মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে যে সময়ে ব্যাস দূরত্ব অতিক্রম করে, সে সময়

www.banglainternet.com

মহাকর্ষ ক্ষেত্রে পরিধি সমান দূরত্ব অতিক্রম করে। তৃতীয় সমীকরণে ঐক্যবদ্ধ সূত্রের প্রয়োগ সূত্র দেয়া হলো। ঐক্যবদ্ধ সূত্রে মোট পাঁচটি উপাদান রয়েছে। যথা : প্রযুক্ত বল (P), মহাকর্ষ-অভিকর্ষ ও ব্যাসার্ধ ($2\pi r$), বৃত্তীয় ত্বরণ (f) এবং সময় (t)।

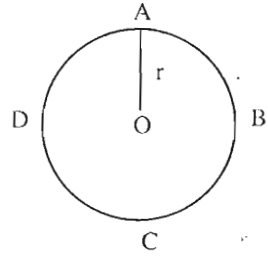
ঐক্যবদ্ধ বেগ ও কৌণিক বেগ কী

ঐক্যবদ্ধ বেগ ও কৌণিক বেগ অভিন্ন। মহাকর্ষ ক্ষেত্রে কোনো বস্তুকণা কোনো বিন্দুকে কেন্দ্র করে t সময়ে বৃত্তের চারদিকে একবার ঘুরে যে বেগের সৃষ্টি করে সেটাই কৌণিক বেগ। মনে করি একটি বস্তুকণা ABCD বৃত্ত পথে ঘুরে t সময়ে A বিন্দু হতে শুরু করে আবার A বিন্দুতে পৌঁছলো (চিত্র ৬)। ফলে বস্তুকণাটি কৌণিক বেগ সৃষ্টি করলো। যদি পরিধি / ব্যাস = π, ব্যাস = d এবং ব্যাসার্ধ = r ধরা হয়, তবে সমীকরণটি হবে—

পরিধি/ব্যাস = π

বা, পরিধি = π d

বা, পরিধি = $2\pi r$



চিত্র ৬ : ABCD একটি বৃত্ত

মোট ছয়টি উপাদান কৌণিক বেগ সৃষ্টি করে। এই উপাদানগুলো হচ্ছে প্রযুক্ত বল, মহাকর্ষ, অভিকর্ষ, ব্যাসার্ধ বল, বৃত্তীয় ত্বরণ ও সময়। এই বলগুলো মিলে ঐক্যবদ্ধ বল সৃষ্টি করে। এটাই ঐক্যবদ্ধ বেগ বা কৌণিক বেগ।

রৈখিক গতি ও কৌণিক বেগ কেন বিপরীতধর্মী

মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে কোনো বস্তুকণা সরল রেখায় চলাকালীন নির্দিষ্ট দিকে t সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে সেটা রৈখিক গতি বলে। গ্যালিলিও-নিউটন রৈখিক গতির প্রবক্তা। যদিও মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে কোনো বস্তুর অবস্থান সম্ভব নয়, তবু চিরায়ত বলবিজ্ঞানের বিষয়বস্তু অনুসারে বিষয়টি দেখানো হলো। এখানে রৈখিক গতি (v) = রৈখিক দূরত্ব /সময় = $s / t = 2r / t$ অর্থাৎ যে সময়ে মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে বস্তুকণাটি 2r (ব্যাস) দূরত্ব অতিক্রম করে সে সময়ে মহাকর্ষ ক্ষেত্রে $2\pi r$ পরিধি দূরত্ব অতিক্রম করবে। এখানে সমানুপাত হবে $2r \propto 2\pi r$। মহাকর্ষ ক্ষেত্রে কৌণিক বেগ সৃষ্টি হয়, আর মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে রৈখিক গতি সৃষ্টি হয়।

www.banglainternet.com

ঐক্যবদ্ধ সূত্রের ব্যাখ্যা

ঐক্যবদ্ধ সূত্রের মোট ছয়টি উপাদান রয়েছে, যথা—প্রযুক্ত বল, মহাকর্ষ, অভিকর্ষ, ব্যাসার্ধ বল, বৃত্তীয় ত্বরণ ও সময় এর উল্লেখ রয়েছে। এই ছয়টি উপাদান সূত্রে কীভাবে কাজ করে, তার ব্যাখ্যা দেয়া হলো—

প্রযুক্ত বল

প্রযুক্ত বল জড় বল থেকে আগত এবং জড় বল মহাকর্ষ থেকে আগত। চিরায়ত বলবিজ্ঞানে একটা বস্তু আরেকটা বস্তুর উপর ক্রিয়া করলে দুটো বস্তুর ভরের আনুপাতিক হারে প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি হয়। এটাই আনুপাতিক বল। ধরা যাক, ৪০ গ্রামের একটা বল ১০ গ্রামের একটি বলের উপর ক্রিয়া করল, এখানে প্রতিক্রিয়া হবে $(৪০\div৪) = ৪$ সে. মি. /সেকেন্ড^২।

অন্যদিকে ঐক্যবদ্ধ মতবাদের দর্শন হচ্ছে মহাকর্ষ প্রভাবে সকল বস্তুই গোলক অবস্থায় বা ভারসাম্য অবস্থায় রয়েছে। ফলে অল্প বল প্রয়োগেই বস্তুর গতি সৃষ্টি করা যায়। এখানে আনুপাতিক বলের প্রয়োজন হয় না। যে পরিমাণ বল প্রয়োগ করা হবে, সে পরিমাণ বল ধ্রুবক হিসেবে ব্যবহার হয় এবং সে বল বস্তুটিকে একবার ঘুরিয়ে দেয়। অধিক পরিমাণ বল প্রয়োগ করা হলেও অতিরিক্ত সুবিধা পাওয়া যাবে না। কারণ এখানে অতিরিক্ত সুবিধার জন্য বৃত্তীয় ফ্রিকোয়েন্সি রয়েছে। এখানে P হচ্ছে প্রযুক্ত বল এবং এটা ধ্রুবক। মহাকর্ষ ভর থেকে জড় ভর সৃষ্টি হয়, তাই মহাকর্ষ বল ধ্রুবক হলে জড় বলও ধ্রুবক হবে।

মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ বল

মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ সর্বদা স্থির, গতিশীল এবং পতনশীল বস্তুর উপর ক্রিয়া করে (By gravitation static body stands to mass and moving body stands to acceleration. -Tajuddin & others, 2008)[11]। মহাকর্ষক্ষেত্রে সকল গতি মহাকর্ষ-অভিকর্ষ কর্তৃক প্রভাবিত হয়। এই প্রভাব প্রযুক্ত বলের অতিরিক্ত প্রভাব। ঐক্যবদ্ধ সূত্রে প্রযুক্তবল বা মহাকর্ষ (p) ধ্রুবক হিসেবে কাজ করে। মহাকর্ষ ক্ষেত্রে মৌথবল এবং মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে প্রযুক্ত বলের অনুপাত হচ্ছে $2\pi r : 2r$ যার মান হচ্ছে ২২/৭।

ব্যাসার্ধ বল

মহাকর্ষ প্রভাবে সকল যানবাহন চক্র, মটর, প্রপেলার ইত্যাদির মাধ্যমে গতিশীল হয় বিধায় বৃত্তীয় ধরা হয়। বৃত্তীয় গতির ক্ষেত্রে ব্যাসার্ধ গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। এটাই সোয়ার্জচাইল্ড ব্যাসার্ধ নামে পরিচিত। মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে কোনো নির্দিষ্ট সময়ে কোনো গতি বৃত্তের ব্যাস পরিমাণ দূরত্ব অতিক্রম করলে মহাকর্ষ

www.banglainternet.com

ক্ষেত্রে তা বৃত্তের পরিধির সমান দূরত্ব অতিক্রম করে। ঐক্যবদ্ধ সূত্রে ছয়টি উপাদান– প্রযুক্ত বল, মহাকর্ষ, অভিকর্ষ, ব্যাসার্ধ বল, বৃত্তীয় ত্বরণ ও সময় একত্রে ত্বরণ গতি সৃষ্টি করে। ছয়টি উপাদান একত্রে গাণিতিক পরিভাষায় $2\pi r$ দূরত্ব প্রকাশ করে। একটি কণা যে সময়ে মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে বৃত্তের ব্যাস পরিমাণ দূরত্ব অতিক্রম করে, মহাকর্ষ ক্ষেত্রে কণাটি সে সময়ে বৃত্তের পরিধি সমান দূরত্ব অতিক্রম করে। সুতরাং এদের সমানুপাত হবে, $2\,r \propto 2\pi r$।

বৃত্তীয় ত্বরণ

বস্তু মহাকর্ষ প্রভাবে ভূপৃষ্ঠে এবং ঊর্ধ্বাকাশে বৃত্তীয় গতি সৃষ্টি করে। বস্তু কয়েকবার আবর্তন করে অথবা কয়েকবার ঘূর্ণনে পূর্ণ গতি লাভ করে। এটাকেই বৃত্তীয় ত্বরণ বলে। এটা জড় ত্বরণের অনুরূপ। ধরা যাক, একটি যানবাহন ৮ বার ঘূর্ণনে পূর্ণ গতি সৃষ্টি করল। গাণিতিকভাবে এটার হিসেবে হবে $2\pi\,r \times 8 = 16\pi\,r$।

সময়

গতি সর্বদাই সময় প্রেক্ষিতে গণনা করা হয়। সময় বস্তু ও গতির সাথে অবিচ্ছেদ্যভাবে জড়িত। সময় সর্বদাই কতবার হিসেবে গণনা করা হয়। এখানে dt সময় ধরা হয়েছে।

উপসংহারে বলা যায় গ্যালিলিও-নিউটন কর্তৃক চিরায়ত বলবিজ্ঞানে পড়ন্ত বস্তুর সূত্র এবং গতির সূত্রাবলিতে জড় জগৎ ও মহাকর্ষ জগৎকে আলাদাভাবে দেখানো হয়েছে। এটা বলবিজ্ঞান জগতে এক বিরাট সমস্যা। প্রকৃতপক্ষে এরা আলাদা নয় বরং দুয়ে মিলে এক অভিন্ন জগৎ। তাই একটি অভিন্ন সূত্রের প্রয়োজন। আবার সমতুল্য নীতি হচ্ছে বিজ্ঞান জগতে আরেক সমস্যা। সমতুল্য নীতি অনুসারে জড়তার সূত্র এবং মহাকর্ষ সূত্রকে সমকক্ষ ধরা হয়। এটা সঠিক নয়। বস্তু মহাকর্ষ হতে ভর অনুপাতে জড় ভর প্রাপ্ত হয়। তাই এদের সম্পর্ক হবে সমানুপাতিক নীতি। সমানুপাতিক নীতির সাথে মহাকর্ষ ভর ও জড় ভর, মহাকর্ষ ত্বরণ ও জড় ত্বরণ এবং ভর ও শক্তির সমন্বয় করা হয়েছে এবং মহাকর্ষের প্রাধান্য দেয়া হয়েছে। এতোদিন জড় বল ও মহাকর্ষের দ্বৈত প্রাধান্য ছিলো। আবার পৃথিবীর আবর্তনের ফলে সময় সৃষ্টি হয়েছে এবং এই সময়কে জ্যামিতির গোলকীয় স্থানাঙ্কে যুক্ত করে গোলকীয় গতি সৃষ্টি করা হয়েছে। এই গোলকীয় সূত্র হচ্ছে মহাকর্ষ সূত্র। আর মহাকর্ষ সূত্র দ্বারা বিজ্ঞান ও গণিত জগতের সকল সূত্রকে সমন্বয় করা হয়েছে। সেই মহাকর্ষ সূত্রই হচ্ছে ঐক্যবদ্ধ সূত্র।

www.banglainternet.com

References

1, 4, 5. Hawking, S. W., *A Brief History of Time*, Bantam Books, New York, London, 1988, P 13, 74, 163, 32

2. Hawking, S. W., *The Black Holes and Baby Universes and other Essays*, Bantam Books New York, London 1993, P. 73.

3. Strathern, P., *Einstein and Relativity*, Arrow Books, UK. 1997, P. 78,

6. Born, M., *Einstein's Theory of Relativity*, Dover Publications, Inc. New York, 1965, P. 44.

7. Tajuddin and Others, *Review of the Theory of Relativity*, Journal of Applied Science Research 4(1): 32-39, 2008.

8. Prakash, S., *Relativistic Mechanics*, Pragati Prakashan, Meerut. 1985. P 363.

9, 11. Tajuddin, Biswas M. H. A and others, *New Aspects of Principle of Equivalence*, Acta Ciencia Indica, Vol XXXIV M. No. 4. 1931 (2008).

10. Tajuddin and Biswas, M. H. A., *Unification of the Theory of Albert Einstein by Cyclic Theory*. Asian J. Inform Tech., 4(10) : 962-970, 2005.

www.banglainternet.com

পদার্থবিজ্ঞানের আংশিক সূত্র : কীভাবে এই সূত্রসমূহ ঐক্যবদ্ধ সূত্রে রূপ নেয়?
(Partial Theories of Physics)

পদার্থবিজ্ঞান ও গণিতের আংশিক সূত্রসমূহ কী? এই সূত্রসমূহ কীভাবে উৎপত্তি হলো? ঐক্যবদ্ধ সূত্রের সাথে এদের সম্পর্ক কী? আংশিক সূত্রসমূহ মিলে কীভাবে ঐক্যবদ্ধ সূত্র সৃষ্টি করে। এ বিষয়গুলো নিয়ে আলোচনা হলো।

পদার্থ বিজ্ঞান সম্পর্কে বলা হয় যে এটা বিধিবদ্ধ শাস্ত্র নয় বরং এটা ক্রমাগত পরিবর্তনশীল বিজ্ঞান (Physics is not a static body of doctrine but a developing science. -Resnick and Halliday, 1966)[1]। একদিকে এখানে অহরহ পরিবর্তন হচ্ছে এবং অন্যদিকে এখানে যা কিছু সংযোজন করা হচ্ছে সেগুলোর সমন্বয় করা হয়নি। আবার বলা হয় যে পদার্থবিজ্ঞান ও গণিতের সূত্রগুলো আংশিক এবং একটি বৃহৎ সূত্রের অংশ মাত্র (We have made progress by finding partial theories. -Hawking, 1988)[2]। এই বৃহৎ সূত্রটি হচ্ছে ঐক্যবদ্ধ সূত্র বা মহাকর্ষ সূত্র। এই সব আংশিক সূত্র ঘটনার একটা সীমিত অঞ্চল ব্যাখ্যা করে এবং অন্যটা উপেক্ষা করে। এই আংশিক সূত্রগুলো মহাকর্ষের সাথে সংশ্লেষ রয়েছে কিন্তু এতোদিন সেটা জানা ছিলো না। ঐক্যবদ্ধ সূত্র উদ্ভাবনের ফলে আংশিক সূত্রগুলোর বন্ধন আরো দৃঢ় হবে। ঐক্যবদ্ধ সূত্রের ছয়টি উপাদান রয়েছে যথা—প্রযুক্ত বল, মহাকর্ষ বল, অভিকর্ষ বল, বৃত্তীয় ব্যাসার্ধ, বৃত্তীয় ত্বরণ ও সময়। এ সব উপাদান আংশিক। আবার এদের উপ-আংশিক সূত্র রয়েছে। একজন বিজ্ঞানী নিজের অনুসন্ধান থেকে প্রতিবারে একটি মাত্র সূত্র উদঘাটন করেন এবং এই উদঘাটনের পিছনে একটি মাত্র সূত্র থাকে। মূলত এতদিন যত তত্ত্ব আবিষ্কার হয়েছে প্রতিটি এক একটি উদঘাটন মাত্র। এই উদঘাটনগুলো একটি বৃহৎ সূত্রের অংশ মাত্র। এই আংশিক সূত্রগুলো ব্যাখ্যা করলে মহাকর্ষ সূত্র পাওয়া যায়। মহাকর্ষ সূত্রের সাথে আংশিক সূত্রগুলো প্রচ্ছন্ন রয়েছে। এতোদিন সেটা জানা ছিলো না। ঐক্যবদ্ধ সূত্র উদঘাটন করতে গিয়ে মহাকর্ষ সম্পর্কে নতুন নতুন তথ্য পাওয়া যাচ্ছে। প্রচলিত পদার্থবিজ্ঞান ও গণিতের সকল সূত্রই হচ্ছে আংশিক। এই আংশিক সূত্রগুলোর উদাহরণ হচ্ছে—গ্যালিলিওর সূত্রাবলি, চিরায়ত বলবিজ্ঞানের গতি সূত্রাবলি, মহাকর্ষ সূত্র, জড় ভর, মহাকর্ষ ভর, জড় ত্বরণ, মহাকর্ষ ত্বরণ, আলোর

www.banglainternet.com

প্রতিসরণ, গোলকীয় স্থানাঙ্ক, গোলকীয় গতি, সমতুল্য নীতি, দেশকাল, সময় ইত্যাদি (নিচে ব্যাখ্যা প্রদত্ত হলো)। এই সূত্রগুলোর সাথে মহাকর্ষ জড়িত এবং মহাকর্ষ থেকেই এদের উদ্ভব এবং মহাকর্ষের সাথে এদের সখ্যতা রয়েছে। আংশিক সূত্রগুলোর মধ্যে একটা সাধারণ ঐক্য রয়েছে, সেটাই মহাকর্ষ নীতি বা ঐক্যবদ্ধ নীতি। ঐক্যবদ্ধ সূত্র এবং এর আংশিক সূত্রগুলোর মাধ্যমে প্রকৃতির নিয়মের ব্যাখ্যা দেয়া সম্ভব। ঐক্যবদ্ধ সূত্র বিজ্ঞান ও গণিত জগতের সূত্রগুলোর সমন্বয় করে।

আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সূত্রের মধ্যে ঐক্যবদ্ধ সূত্রের প্রতিচ্ছবি প্রতিফলিত হয়েছে। যদিও এখানে পূর্ণরূপে বিকশিত হয়নি। আইনস্টাইন নিজেও এ ব্যাপারটি অনুধাবন করতে পারেননি। কারণ তিনি শেষ বয়সে ঐক্যবদ্ধ মতবাদ অনুসন্ধান করেছিলেন। মহাকর্ষ সূত্রে একটি ক্ষুদ্র কণিকার সূর্য প্রদক্ষিণের সূত্র প্রদান করা হয়েছে। কিন্তু সূত্রটি গলদপূর্ণ ছিলো এবং এই সূত্র দ্বারা বুধ গ্রহের ঘূর্ণন গতির অনুসুরের অগ্রগমন পরিমাপ করা সম্ভব হয়নি। সোয়ার্জচাইল্ড এই সমীকরণটিকে সংশোধন করে বুধগ্রহের অনুসুরের অগ্রগমন পরিমাপ করতে সমর্থ হন। সোয়ার্জচাইল্ড শূন্য টেন্সরকে ($R_{\mu\nu}=0$) গোলকীয় টেন্সরে রূপান্তর করেন। তাতে বোঝা যায় আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সমীকরণ ঘূর্ণন গতি পরিমাপের জন্য উপযুক্ত ছিলো না। মহাকর্ষ সূত্রটি হচ্ছে ঐক্যবদ্ধ সূত্র। মহাকর্ষ বিশ্বকে নিয়ন্ত্রণ করছে। মহাবিশ্বের প্রতিটি বস্তুকণায় মহাকর্ষের আকর্ষণ রয়েছে। বলবিজ্ঞান ও গণিতের প্রতিটি সূত্রের উপর মহাকর্ষের প্রভাব রয়েছে।

মহাকর্ষ কীভাবে বলবিজ্ঞান ও গণিতের আংশিক সূত্রগুলোর উপর কাজ করে তার কিছু উদাহরণ দেয়া হলো—

পড়ন্ত বস্তুর নীতি : গ্যালিলিও পড়ন্ত বস্তুর তৃতীয় সূত্রে উল্লেখ করেছেন যে বিনা বাধায় পড়ন্ত বস্তু নির্দিষ্ট সময়ে অতিক্রান্ত দূরত্ব ঐ সময়ের বর্গের সমানুপাতিক। পড়ন্ত বস্তুর তৃতীয় সূত্র অনুসারে বস্তুটি স্থিতি অবস্থা হতে বায়ুশূন্য স্থানে পতনের যথাক্রমে 1^{st} 2^{nd} 3^{rd} সেকেণ্ডে $h^1\times1^2$, $h^2 \times 2^2$, $h^3\times3^2$ ইত্যাদি দূরত্ব অতিক্রম করে। গ্যালিলিও মহাকর্ষ প্রভাবকে সময়ের বর্গ হিসেবে উল্লেখ করেছেন। তৎকালীন সময়ে মহাকর্ষের ব্যাপক প্রভাবের কথা জানা ছিলো না। এখানে সময়ের বর্গকে ত্বরণ ধরা হয়েছে। মহাকর্ষ ক্ষেত্রে ত্বরণ আসে।

সরল দোলকের নীতি : গ্যালিলিও সরল দোলকের দ্বিতীয় সূত্রে উল্লেখ করেন যে কোনো নির্দিষ্ট স্থানে কোনো দোলকের দোলন কাল ওটার কার্যকরী দৈর্ঘ্যের বর্গমূলের সমানুপাতিক। দোলকের দৈর্ঘ্য L হলে এবং দোলনের কাল T হলে সূত্রানুযায়ী $T\propto\sqrt{L}$। গ্যালিলিও সরল দোলকের তৃতীয় সূত্রে উল্লেখ করেন যে নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট কোনো একটি সরল দোলকের দোলন কাল অভিকর্ষীয় ত্বরণের বর্গমূলের ব্যাস্তানুপাতিক। দোলনকাল T হলে এবং অভিকর্ষীয় ত্বরণ g হলে

www.banglainternet.com

সূত্রানুযায়ী $T \propto \sqrt{l/g}$ । সরল দোলকের দুটো সূত্রে মহাকর্ষের প্রভাবের কথা উল্লেখ করা হয়েছে।

ভেক্টর নীতি : মহাকর্ষ সকল বল প্রয়োগ প্রক্রিয়াকে বৃত্তীয় নিয়মে প্রভাবিত করে। মহাকর্ষ ভেক্টর বলের উপর বৃত্তীয় নিয়মে কাজ করে। ভেক্টর নিয়মের যোগসূত্র, বিয়োগসূত্র, বিনিময় বিধি, সংযোগ বিধি ও বন্টন বিধি সর্বদাই মহাকর্ষ প্রভাবে বৃত্তীয় নিয়মে সাধিত হয়। ভেক্টরের ক্রসগুণন এবং ডটগুণন যেগুলোর সাথে বল প্রয়োগ জড়িত, তা সর্বদাই মহাকর্ষ দ্বারা প্রভাবিত হয়।

গতির দ্বিতীয় সূত্র : চিরায়ত বলবিজ্ঞানে গতির দ্বিতীয় সূত্রের উপর মহাকর্ষের প্রভাব রয়েছে। দ্বিতীয় সূত্রানুসারে প্রযুক্ত বল, ভর এবং ত্বরণের গুণফলের সমান। মহাকর্ষক্ষেত্রে গতির ত্বরণ রয়েছে কিন্তু মহাকর্ষহীন জগতে গতি ত্বরণহীন। মহাকর্ষহীন জগতে গতি সর্বদাই সমগতি হয়। নিউটন জড়তার সূত্র মহাকর্ষহীন জগতের জন্য উদ্ভাবন করেছিলেন। তাই গতির দ্বিতীয় সূত্র মহাকর্ষ ক্ষেত্রে ব্যবহার হতে পারে না। ত্বরণ শব্দটি ব্যাপক এবং তার সাথে অনেক উপাদান জড়িত। কিন্তু গতির দ্বিতীয় সূত্রে ঐসব উপাদান সংযুক্ত হয়নি।

নিউটনীয় গতির সূত্রের পরীক্ষা : চিরায়ত গতির প্রথম সূত্র, দ্বিতীয় সূত্র এবং তৃতীয় সূত্রের প্রমাণের জন্য যেসব পরীক্ষা প্রদান করা হয়েছে, সেগুলোর সাথে মহাকর্ষ জড়িত। গতির দ্বিতীয় সূত্র প্রমাণের জন্য ফ্রেচারের ঠেলাগাড়ির সাথে ঝুলন্ত ধাতব টুকরার সাথে মহাকর্ষ জড়িত। কিন্তু তৎকালীন যুগে মহাকর্ষ যে গতির নিয়মের সাথে জড়িত সেটা অনুধাবন করা সম্ভব হয়নি। ফলে পরীক্ষাগুলোর ফলাফল সঠিক বিবেচনা করা যায় না। আবার ভরবেগের নিত্যতা প্রমাণের জন্য মহাকর্ষ বাদ রাখা হয়েছে। ফলে এসব পরীক্ষাগুলোর ফলাফল সঠিক হিসেবে গ্রহণ করা যায় না।

জড় ভর ও মহাকর্ষ ভর : মহাকর্ষ জড় বস্তুকে ভর প্রদান করে। তাই জড় ভর ও মহাকর্ষ ভরকে সমানুপাতিক ধরা হয়। এইভাবে জড় জগৎ মহাকর্ষ দ্বারা লালিত পালিত ও নিয়ন্ত্রিত। মহাকর্ষ আছে তো জড় জগৎ আছে, মহাকর্ষ নেই তো জড় জগৎ নেই। একইভাবে মহাকর্ষ ত্বরণ জড় ত্বরণকে নিয়ন্ত্রণ করছে। আইনস্টাইনের মতে ত্বরণের সাথে মহাকর্ষ ক্ষেত্রের একটা নিবিড় সম্পর্ক রয়েছে (Einstein realized that there is a close relationship between acceleration and gravitational field. –Hawking, 1999)[3]।

গোলকীয় গতি : মহাকর্ষ ক্ষেত্রে মহাকর্ষ প্রভাবে গতি গোলকীয় হয়। গোলকীয় জ্যামিতিই প্রকৃত জ্যামিতি। রৈখিক জ্যামিতি মহাকর্ষহীন জগতের জ্যামিতি। তাই এ জ্যামিতি ভিত্তিহীন।

www.banglainternet.com

উপসংহারে বলা যায় প্রচলিত পদার্থবিজ্ঞান ও গণিতের আংশিক সূত্রগুলো নির্দেশ করে যে মহাকর্ষ এদের সাথে জড়িত। ফলে ঐক্যবদ্ধ সূত্রের সাথে আংশিক সূত্রগুলোর সম্পর্ক জোরদার হয়েছে। গত দুই হাজার বছরে পদার্থবিজ্ঞান ও গণিতে আংশিক সূত্রগুলোর উদ্ভব হয়েছে। এই সব আংশিক সূত্র ঘটনার একটা সীমিত অঞ্চল ব্যাখ্যা করে এবং অন্যটা উপেক্ষা করে। কোনো সূত্র জড় জগতের তথ্য নির্দেশ করে, আবার কোনো সূত্র মহাকর্ষ সম্পর্কে নির্দেশ করে। কোনো সূত্রই উভয় জগৎ সম্পর্কে নির্দেশ করে না। এই আংশিক সূত্রগুলো মহাকর্ষের সাথে সংশ্লেষ রয়েছে কিন্তু এতোদিন সেটা জানা ছিলো না। মহাকর্ষের সাথে আংশিক সূত্রগুলোর সমন্বয় করে ঐক্যবদ্ধ সূত্র পাওয়া যায়।

References

1. Resnick, R., and Halliday, D., *Physics, Part-1*.Willey Eastern Ltd. New Delhi, 1966. P. 122
2. Hawking, S. W., *A Brief History of Time*, Bantam Books, New York, London 1988, P. 163
3. Hawking, S. W., *A Brief History of Relativity*, Time Magazine, New York, 31 December, 1999, P. 29-33.

www.banglainternet.com

ত্বরণ গতি : ভরবেগ ও ত্বরণ মধ্যে পার্থক্য কোথায়? ভরবেগ সংরক্ষণ হয় কি?

(Acceleration)

ত্বরণ গতি কী? ভরবেগ ও ত্বরণের মধ্যে পার্থক্য কোথায়? ভরবেগ কি সংরক্ষিত হয়? ভরবেগের সাথে গতির কী সম্পর্ক? নিউটন ভরবেগের সংরক্ষণ সম্পর্কে কী বলেন? এ বিষয়গুলো নিয়ে আলোচনা হলো।

মহাকর্ষ প্রভাবে কোনো বস্তুর গতি শুরুতেই বৃদ্ধি পায়। গতি ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধি পাওয়াই হচ্ছে ত্বরণ। ঊর্ধ্বাকাশ থেকে কোনো বস্তু পতিত হলে অভিকর্ষ প্রভাবে বস্তুর ত্বরণ গতি হয়। অভিকর্ষ প্রভাবের জন্য সকল গতিই শুরুতে ত্বরণ সম্পন্ন হয়। পূর্বে মহাকর্ষের ব্যাপক প্রভাব জানা ছিলো না বলে এতোদিন ত্বরণ গতি সম্পর্কে সঠিক তথ্য আসেনি (অধ্যায় ১৬)।

গ্যালিলিও-নিউটনের হাতে আধুনিক পদার্থবিজ্ঞানের জন্ম। একই ধারায় গত চারশত বছর ধরে বিজ্ঞানের উন্নয়ন ঘটছে। বলতে গেলে এখনো অনেক ধারণা প্রাথমিক অবস্থায় আছে। নিউটন প্রথম মহাকর্ষ সূত্র প্রদান করেন কিন্তু তিনি মহাকর্ষ সম্পর্কে অধিক কিছু বলতে রাজি হননি কারণ পাছে ভুল হতে পারে। তখন থেকে অনেক ধারণা চলে আসছে যেগুলোর পরিপক্বতা আজো সৃষ্টি হয়নি এবং অনেক ধারণার দ্বিরুক্তি রয়েছে। বিশেষ করে মহাকর্ষ সম্পর্কিত অনেক ধারণা ভরবেগ ও ত্বরণ, জড় ত্বরণ ও মহাকর্ষ ত্বরণ, সমতুল্য নীতি, রৈখিক গতি, শূন্য টেন্সর, পড়ন্ত বস্তুর সমগতিতে পতন, সময় কীভাবে চতুর্থ মাত্রা হলো ইত্যাদি এতদিন সুনির্দিষ্ট ছিলো না। এমনকি নিউটন ও আইনস্টাইন বিজ্ঞানে অনেক ধারণা বৈসাদৃশ্যভাবে দিয়েছেন। নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র রৈখিক এবং আইনস্টাইনের মহাকর্ষ ধারণা গোলকীয়। আবার নিউটনের গতি অসীম এবং আইনস্টাইনে আলোর গতি উচ্চতম, নিউটনের ভরবেগের সংরক্ষণ নীতি এবং আইনস্টাইনের ভরবেগের ত্বরণ গতি ইত্যাদি। সময়ের তালে বিজ্ঞানে পুরাতন ধারণা পরিবর্তন হচ্ছে এবং নতুন ধারণা চলে আসছে। তাই বিজ্ঞানীদের প্রতি অন্ধ ভক্তি থাকা ঠিক নয়। অত্র পুস্তকে এসব ধারণার সংশোধন করার চেষ্টা করা হয়েছে।

www.banglainternet.com

বিজ্ঞান জগতে একটা ধারণা রয়েছে যে এ বিশ্বের মোট ভর ও এনার্জি অটুট। সামগ্রিকভাবে এদেরকে বাড়ানো বা কমানো যায় না। তবে এগুলো স্থানান্তর করা যায় এবং রূপান্তর করা যায়। যেমন গ্রিন হাউজ প্রভাবে সাগরের জল বৃদ্ধি পাচ্ছে, নিম্নচাপের প্রভাবে বায়ুপ্রবাহ বেড়ে গিয়ে ঝড় হচ্ছে ইত্যাদি। নিউটন ভরবেগের ক্ষেত্রে এ নিয়মটি কার্যকর রেখেছেন। এটাকে নিউটন ভরবেগের সংরক্ষণ বলেছেন। কিন্তু এটা সঠিক হয়নি। কারণ বল প্রয়োগ করা হলে মহাকর্ষ প্রভাবে বস্তুর বেগ বৃদ্ধি পায়। বস্তুর ভর ও বেগের গুণফল হচ্ছে ভরবেগ। সুতরাং ভরবেগ বেড়ে যাবে, এটা সংরক্ষণ হবে না। আর মহাবিশ্বে মোট ভরবেগ অটুট এমন ধারণা অবান্তর। নিউটন ভরবেগের সংরক্ষণ সম্পর্কে বলেন, একাধিক বস্তুর মধ্যে ক্রিয়া এবং প্রতিক্রিয়া ভিন্ন অন্য কোনো বল না থাকলে কোনো দিকে এদের মোট ভরবেগের কোনো পরিবর্তন ঘটে না (When two or more bodies act upon one another, their total momentum remains constant, provided no external forces are acting. -Abbott, 1989)[1]। ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্রে 'অন্য কোনো বল না থাকলে' উল্লেখ আছে। গ্যালিলিও-নিউটন যুগে এটা জানা ছিলো না যে মহাকর্ষ সকল বল প্রয়োগ ক্ষেত্রে জড়িত। এখন দেখা যাচ্ছে বল প্রয়োগের সাথে মহাকর্ষ জড়িত। মহাকর্ষ অতিরিক্ত বল দিয়ে ক্রিয়াকে প্রভাবিত করছে। সুতরাং এই ভরবেগের সূত্র আর কার্যকরী নয়।

দেখা যাক আইনস্টাইন বিশেষ আপেক্ষিকবাদে ভরবেগ সম্পর্কে কী বলেছেন। চিরায়ত বলবিজ্ঞানে অণু-পরমাণুর গতি বিশ্লেষণে দেখা যায় যে সব বস্তু কণার দ্রুতি আলোর গতির কাছাকাছি হয়, সেখানে চিরায়ত বলবিজ্ঞান কার্যকরী হয় না। সেই সব ক্ষেত্রে আইনস্টাইনের বিশেষ আপেক্ষিক সূত্র ব্যবহার করতে হয়। তিনি আলোর গতিকে সর্বাপেক্ষা উচ্চতম বেগ ধরে এই সূত্র প্রদান করেন। চিরায়ত বলবিজ্ঞানে ভরবেগের নিত্যতার সূত্র হলো ($F = mv$) অর্থাৎ বল = ভর x বেগ। আইনস্টাইন বিশেষ আপেক্ষিকবাদে এটাকে এইভাবে $m = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$ উপস্থাপন করেন। কোনো বস্তুর স্থিতিশীল অবস্থায় মাপা ভর হচ্ছে স্বকীয় ভর m_0, ইহা v বেগে গতিশীল হলে m ভর প্রাপ্ত হয় এবং এ দুই ভরের সম্বন্ধ উপরোক্ত সমীকরণের মধ্যে দিয়ে প্রকাশিত হয়। সমীকরণ হতে দেখা যায় $m > m_0$, বেগ বৃদ্ধির সাথে বস্তুর ভরও বৃদ্ধি পায়। ফলে ভরবেগের সংরক্ষণ কার্যকরী হচ্ছে না। আবার সূত্র অনুসারে $v << c$ হলে v^2/c^2 এর মান ১ এর তুলনায় নগণ্য হয়ে দাঁড়ায় এবং $m \rightarrow m_0$ যা নিউটনীয় অপরিবর্তনীয় ভরে পরিণত হয়। আপেক্ষিকবাদ ভিত্তিক ভর পরিবর্তনের পরিমাপ আলোর গতির কাছাকাছি হলে নিউটনীয় অপরিবর্তনীয় বেগের ধারণা অচল হয়।

www.banglainternet.com

নিউটন গতির প্রথম, দ্বিতীয় ও তৃতীয় সূত্র মহাকর্ষহীন জগতের জন্য রচনা করেছিলেন। তাই এদেরকে জড়তার সূত্র বলে। তিনি বিশেষ কৌশলে দ্বিতীয় সূত্রে ত্বরণ সৃষ্টি করেছিলেন কারণ মহাকর্ষ প্রভাব ছাড়া ত্বরণ হয় না। তাই এই সূত্রগুলো মহাকর্ষ জগতে ব্যবহার হতে পারে না। আবার তিনি মহাকর্ষ জগতের জন্য রৈখিক নিয়মে মহাকর্ষ সূত্র দিয়েছিলেন, আর আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সূত্র ছিলো গোলকীয় নিয়মে। কিন্তু আইনস্টাইনের মতে পদার্থবিজ্ঞানের সূত্রগুলো সর্বত্র একই ধর্মী হবে (All the laws of physics including all of mechanics and electromagnetism are the same in all inertial frame of referencs. -McFarland, 1997)[2]। আইনস্টাইন বিশেষ আপেক্ষিকবাদে বেগের ধারণা চিরায়ত বলবিজ্ঞানের ভরবেগের সংরক্ষণ ধারণা থেকে ভিন্নভাবে প্রকাশ পেয়েছে। আইনস্টাইন বিশেষ আপেক্ষিকবাদকে চিরায়ত বলবিজ্ঞানের দ্বিতীয় বা তৃতীয় সূত্রের সমকক্ষ ধরেননি অথবা ভরবেগ বা ত্বরণের সাথে যুক্ত করেননি। আইনস্টাইন বিশেষ আপেক্ষিকবাদ সূত্রকে গতির দ্বিতীয় সূত্রের সাথে মিল করতে পারতেন, কারণ $V\frac{dm}{dt}$ কখনো শূন্য নয়। আইনস্টাইন গতির দ্বিতীয় সূত্রকে মহাকর্ষ সূত্রের সমকক্ষ ধরে সমতুল্য নীতি রচনা করেছিলেন। বিশেষ আপেক্ষিকবাদে গতিশীল বস্তুর ভর স্থির বস্তুর ভরের চেয়ে অনেক বেশি ($m>>m_o$)। বস্তুর ভর গতি বৃদ্ধির সাথে সাথে বেড়ে যায় (So the mass of the body increases with the increase of the motion of the body. -Resnick, 1968)[3]।

বিশেষ আপেক্ষিকবাদ অনুসারে বল প্রয়োগে বস্তুর ভরবেগ বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ বেগ বৃদ্ধির সাথে সাথে বস্তুর ভরও বৃদ্ধি পায় বা ভরকে বেগ নির্ভরশীল ধরতে হয়। এখানে মহাকর্ষ প্রভাব এবং বস্তুর ভর বৃদ্ধি অভিন্ন ধারণায় চলে এসেছে। আইনস্টাইন বিশেষ আপেক্ষিকবাদে ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র গ্রহণ করেননি অথচ এই ব্যাপারে আইনস্টাইনের কোনো ব্যাখ্যা পাওয়া যায়নি। কার্যত এখানে আইনস্টাইনের অলক্ষে ভরবেগ বা ত্বরণ এসে গেছে। বিশেষ আপেক্ষিকবাদ সূত্রকে নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্রের সাথে তাত্ত্বিকভাবে মিল না করা আইনস্টাইনের অসঙ্গতি ছিলো, যা পরবর্তীকালে ঐক্যবদ্ধ মতবাদ উদ্ভাবনে অসুবিধা হয়েছে। এটা নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্রের সাথে মিল করা সম্ভব ছিলো না, তাহলে বিশেষ আপেক্ষিক সূত্রই ভুল হতো। নিউটন গতির সূত্রগুলো গ্রিক রৈখিক জ্যামিতির প্রভাবে রচনা করেছিলেন। গ্রিক জগৎ ছিলো মহাকর্ষহীন। বলবিজ্ঞান থেকে গ্রিক রৈখিক জ্যামিতির প্রভাব মুক্ত করা হলে গতির প্রথম ও তৃতীয় সূত্র এমনিতেই বাতিল হয়ে যায়। এইভাবে দেখা যাচ্ছে নিউটনের গতির দুটো সূত্র আলাদাভাবে প্রয়োজন হয় না। ভরবেগ হবে ত্বরণেরই প্রতিশব্দ। নিউটনের মতে বস্তুর উপর

www.banglainternet.com

বাহ্য বলের লব্ধি শূন্য হলে ভরবেগের নিত্যতা হয়—সে নীতি বাক্যের সমাপ্তি হলো। এখানে আরো প্রমাণিত হলো যে বাহ্য বলের লব্ধি কখনও শূন্য নয়, লব্ধির সর্বদাই ত্বরণ বা মন্দন হয় (The resultant force on a body can never be zero and it is always in the form of acceleration or retardation. -Tajuddin and Biswas, 2005)[4] (অধ্যায় ৪, ১৬)।

বিশেষ আপেক্ষিকবাদে ভরবেগ সম্পর্কে ধারণা পাওয়া গেছে। ভরবেগ হচ্ছে ভর ও বেগের গুণফলের সমষ্টি যাতে ত্বরণে আসে। কিন্তু নিউটন ভরবেগের সংরক্ষণ নীতি গ্রহণ করেছিলেন। তিনি সংরক্ষণ নীতিতে ভরবেগ থেকে বেগ বাদ দিয়েছেন এবং ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সমান ধরেছেন। এটা তিনি সঠিক করেননি। এটা বিজ্ঞান ও গণিত জগতে বিপর্যয় ডেকে এনেছে। এর ফলে মহাকর্ষ জগৎ এবং মহাকর্ষহীন জগৎ নামে দুটো জগৎ সৃষ্টি হলো এবং অভিন্ন জগতকে বিভক্ত করা হলো। বিশেষ আপেক্ষিকবাদ অনুসারে ভরবেগ এবং ত্বরণের মধ্যে কোনো পার্থক্য নেই। ভরবেগ ত্বরণেরই প্রতিশব্দ। বিশেষ আপেক্ষিকবাদ অনুসারে ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র বা গতির তৃতীয় সূত্রের কোনো অস্তিত্ব নেই। বিশেষ আপেক্ষিকবাদ গতির দ্বিতীয় সূত্রের সাথে ত্বরণ প্রকাশ করছে। গতির দ্বিতীয় সূত্রটি হচ্ছে, বল = ভর × ত্বরণ (F=ma)। যদিও নিউটন গতির দ্বিতীয় সূত্র মহাকর্ষহীন জগতের জন্য জটিলভাবে প্রকাশ করেছেন। মহাকর্ষ বিশেষ আপেক্ষিকবাদে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে যেহেতু বস্তুর গতি বৃদ্ধির সাথে সাথে ভরও বৃদ্ধি পায় এবং সেই অতিরিক্ত ভরই হচ্ছে ত্বরণ। এটা বিশেষ আপেক্ষিকবাদের বৈশিষ্ট্য।

উপসংহারে বলা যায় গ্রিকদের রৈখিক জ্যামিতির প্রভাবে চিরায়ত বলবিজ্ঞানে গতি জড়তার সূত্রগুলোতে মহাকর্ষহীন জগতের প্রভাব পড়েছে। ফলে মহাকর্ষহীন জগতে ভরবেগের সংরক্ষণ নীতি চালু হয়েছে এবং ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সমান ধরা হয়েছে। কারণ মহাকর্ষহীন জগৎ মহাকর্ষ ক্রিয়াকে প্রভাবিত করে না। এখানে ভরবেগ সংরক্ষণ হয় এবং ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সমান হয়। কিন্তু মহাকর্ষ জগতে মহাকর্ষ সকল বস্তুকে প্রভাবিত করে। ফলে গতিশীল বস্তুর ভরবেগ হয় এবং ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া অধিক হয়। তাই মহাকর্ষ ক্ষেত্রে প্রতিক্রিয়ার সাথে সর্বদা ত্বরণ যুক্ত থাকে। মহাকর্ষ ক্ষেত্রে ভরবেগ ত্বরণেরই প্রতিশব্দ (অধ্যায় ১৬)।

References

1. Abbott, A. F., *Physics*, Fifth edition, Heinemann Education, Oxford, London 1989, P. 44
2. MaFarland, E., *Einstein's Special Relativity*, Trifolium Books Inc. Toronto, 1997, P. 18

www.banglainternet.com

3. Resnick, R., *Introduction to Special Relativity*, John Wiley and Sons Inc., New York 1968, P. 110-117.
4. Tajuddin and Biswas, M. H. A., *Unification of the Theory of Albert Einstein by Cyclic Theory*. Asian J. Inform. Tech., 4(10) : 962-970, 2005.

www.banglainternet.com

অধ্যায় ১৩

মহাকর্ষ ভর ও জড় ভর এবং মহাকর্ষ ত্বরণ ও জড় ত্বরণ : জড় ভর কীভাবে সৃষ্টি হয় ও নিয়ন্ত্রিত হয়?

(Gravitational and Inertial Mass & Acceleration)

মহাকর্ষ ভর ও জড় ভর কী? মহাকর্ষ ত্বরণ ও জড় ত্বরণ এবং বৃত্তীয় ত্বরণ কী? এদের মধ্যে পার্থক্য কোথায়? বস্তুর নিজস্ব ভর আছে কি? বস্তু কীভাবে ভর প্রাপ্ত হয়? মহাকর্ষ বস্তুকে কীভাবে নিয়ন্ত্রণ করে? সমভর এবং সমানুপাতিক ভরের মধ্যে পার্থক্য কোথায়? সমত্বরণ ও সমানুপাতিক ত্বরণের মধ্যে পার্থক্য কোথায়? এই বিষয়গুলো নিয়ে এখানে আলোচনা হলো।

সহজভাবে বলতে গেলে বস্তু মহাকর্ষ হতে যে পরিমাণ ভর গ্রহণ করে সেটা জড় ভর, আর মহাকর্ষ বস্তুকে যে পরিমাণ ভর প্রদান করে সেটা মহাকর্ষ ভর। অর্থাৎ মহাকর্ষ বস্তুকে যে পরিমাণ আকর্ষণ করে, বস্তু সেই পরিমাণ জড় ভর প্রাপ্ত হয়। তাতে করে চিরায়ত বলবিজ্ঞান এবং আপেক্ষিকবাদে ধারণা সৃষ্টি হয়েছে যে মহাকর্ষ ভর এবং জড় ভর সমান (Gravitational and inertial mass are equal, Born, 1962)[1]। কিন্তু পদার্থবিজ্ঞানে এই সমতার ব্যাখ্যা সঠিকভাবে আসেনি। এখানে সমতুল্যকে সমান ধরা হয়েছে। কিন্তু এরা সমতুল্য নয় এবং সমানও নয়। কারণ বস্তু পদার্থের পরিমাণ অনুসারে মহাকর্ষ হতে ভর প্রাপ্ত হয় বলে জড় জগতের অস্তিত্ব মহাকর্ষের উপর নির্ভরশীল। এদেরকে সমতুল্য বা সমান ধরতে হলে এদের আলাদা অস্তিত্ব থাকতে হবে। কিন্ত মহাকর্ষ জগৎ এবং দৃশ্যমান জগতের আলাদা অস্তিত্ব নেই। এ-দুটো জগৎ অভিন্ন। জড় জগৎ যে মহকর্ষ কর্তৃক বহির্দেশ হতে নিয়ন্ত্রিত হচ্ছে, সেটা বোঝা যাচ্ছে না। প্রকৃতপক্ষে জড়বল ও মহাকর্ষবলের অস্তিত্ব আলাদা নেই। একই স্থানে সমভর বিশিষ্ট দুটো স্বতন্ত্র ও আলাদা বস্তুর মধ্যে সমতুল্য ও সমান ধারণা টানা যায়। মহাকর্ষ প্রভাব সমান হলে রসায়ন শাস্ত্রে দুটো বস্তুর বিক্রিয়ার ফল সমান থাকে, যেমন : ফেরাস সালফেট ও সিলভার সালফেট দ্রবণ একত্রে বিক্রিয়া করলে পূর্বের ভর ও পরের ভর অভিন্ন থাকে। উভয় ক্ষেত্রে দুটো দ্রবণের মহাকর্ষ প্রভাব সমান। ভিন্ন নিয়মে মহাকর্ষ প্রভাবিত ক্ষেত্রে জড় বল ও মহাকর্ষ বল মিলে অভিন্ন বল এবং অভিন্ন জগৎ হয়। জড় ভর এবং মহাকর্ষ ভরকে সমতুল্য বা সমকক্ষ ধরা হলে বিশ্ব জগৎ দ্বিধা বিভক্ত হয়ে পড়ে, একদিকে থাকে জড় জগৎ এবং অন্যদিকে থাকে মহাকর্ষ জগৎ। ফলে জড় জগতের উপর

www.banglainternet.com

মহাকর্ষের প্রভাব থাকে না এবং জড় জগৎ হয় সমতলীয়। এতদিন বিজ্ঞান ও গণিত জগতে গ্যালিলিওর পড়ন্ত বস্তুর সমগতির ধারণা এবং নিউটনের গতির সূত্রসমূহ বিশ্বজগৎকে দ্বিধা বিভক্ত করে রেখেছে। আইনস্টাইন মহাকর্ষ ভর ও জড় ভরের স্বতন্ত্র ধারণাকে স্বীকৃতি দিয়ে সমতুল্য নীতি গ্রহণ করেছেন। ফলে এই সমতুল্য নীতি পদার্থবিজ্ঞানের বিপর্যয়কে আরো বৃদ্ধি করেছে। বস্তুর নিজস্ব ভর অনুপাতে মহাকর্ষ হতে জড় ভর প্রাপ্ত হয় বলে এদের নীতিকে সমতুল্য নীতি না ধরে সমানুপাতিক নীতি ধরতে হবে। একইভাবে ভর ও শক্তির সমতুল্য নীতিকে সমানুপাতিক নীতি ধরতে হবে (অধ্যায় ১০, ১৪)।

আবার মহাকর্ষ বিশ্বব্যাপী কিন্তু বস্তুর আকার ও আয়তন অনুসারে বিশ্বের কোথাও স্থান দখল করে আছে। বস্তুর জড় ভর মহাকর্ষকে কেন্দ্র করে পাওয়া যায়। মহাকর্ষ বস্তুর অবস্থান ও ঘনত্ব অনুসারে কমবেশি আকর্ষণ করে (অধ্যায় ৯)। এটা একেক স্থানে একেক রকম হয়। যেমন কোনো বস্তুর ভর সমুদ্রপৃষ্ঠে ৬ কেজি হলে, এভারেস্টে ৫ কেজি হয়, ঊর্ধ্বাকাশে ৪ কেজি এবং চন্দ্রপৃষ্ঠে ১ কেজি। তাই বস্তুর জড় ভর মহাকর্ষ ভরের সমান না ধরে সমানুপাতিক ধরতে হয়। ঐক্যবদ্ধ মতবাদ অনুসারে মহাকর্ষ ভর এবং জড় ভরের সম্পর্ককে ভর সাপেক্ষে সমানুপাতিক ধরা হয়েছে। মহাকর্ষ ভর ও জড় ভরকে সমানুপাতিক ধরা হলে মহাবিশ্বকে অবিভক্ত পাওয়া যায় এবং মহাকর্ষের একক প্রাধান্য আসে। নিম্নে (টেবল ২) সমতুল্য ভর নীতি ও সমানুপাতিক ভর নীতির উদাহরণ দেয়া হলো—

সমতুল্য ভর নীতি : $m_i = m_g$
সমানুপাতিক ভর নীতি : $m_i \propto m_g$

টেবল ২ : বস্তুর সমতুল্যভর ও সমানুপাতিক ভর নীতি

এখানে (টেবল ২) আইনস্টাইন গতির দ্বিতীয় সূত্রের জড় ভর (m_i) ও মহাকর্ষ সূত্রের মহাকর্ষ ভর (m_g) সমতুল্য ধরেছেন। কিন্তু উপরের ব্যাখ্যা অনুসারে এই দুটো ভর সমানুপাতিক হবে। কারণ এদের স্বতন্ত্র অস্তিত্ব নেই, বস্তু নিজস্ব ভর সাপেক্ষে মহাকর্ষ হতে জড় ভর প্রাপ্ত হয় বলে এরা সমতুল্য না হয়ে সমানুপাতিক হবে।

জড়ভর হচ্ছে ওজনকে অভিকর্ষ ত্বরণ g দ্বারা ভাগ করলে পাওয়া যায় (According to relativity intertial mass signifies the weight divided by g. Born, 1962)[2]। যদি সমুদ্রপৃষ্ঠে ৪৫° অক্ষাংশে কোনো বস্তুর ওজন ৯.৮ নিউটন হয় তবে এটার ভর হবে ১ কেজি। বস্তুর ওজনকে অভিকর্ষ ত্বরণ দিয়ে ভাগ করলে

www.banglainternet.com

ভর পাওয়া যায়। বস্তুর ওজন হচ্ছে মহাকর্ষভর এবং জড়ভরের গুণফল। বস্তুর মহাকর্ষভর বা জড়ভর আলাদাভাবে বের করার পদ্ধতি এখনো উদ্ভাবিত হয়নি।

আইনস্টাইন জড় ভর ও মহাকর্ষ ভরকে সমতুল্য ধরে সমতুল্য নীতি প্রকাশ করেছেন। একই ভাবে তিনি জড় ত্বরণ এবং মহাকর্ষ ত্বরণকে সমকক্ষ ধরে সমত্বরণের উল্লেখ করেন। অত্র আলোচনায় বিশ্ব জগৎকে অভিন্ন রাখার স্বার্থে সমতুল্য নীতিকে সমানুপাতিক নীতি ধরা হয়েছে। একই ভাবে মহাকর্ষ ত্বরণ ও জড় ত্বরণের সমত্বরণকে সমানুপাতিক ত্বরণ ধরতে হবে। আবার মহাকর্ষ ত্বরণ থেকে বৃত্তীয় ত্বরণ সৃষ্টি হয়েছে কারণ মহাকর্ষ প্রভাবে বস্তু বৃত্তীয় নিয়মে ঘূর্ণনশীল। বৃত্তীয় নিয়মে গতিশীল বস্তু সর্বদা ত্বরণ সম্পন্ন হয়। নিচে (টেবল ৩) সমত্বরণ ও সমনুপাতিক ত্বরণের দুটো সমীকরণ প্রদত্ত হলো—

সমত্বরণ সমীকরণ $m_a = m_g$
সমানুপাতিক সমীকরণ $m_a \propto m_g$

টেবল ৩ : সমত্বরণ ও সমানুপাতিক ত্বরণ

উপরিউক্ত টেবলে ত্বরণ সমীকরণে m হচ্ছে কণিকার ভর এবং a হচ্ছে কণিকার ত্বরণ (Inertial acceleration) এবং g হচ্ছে মহাকর্ষ ত্বরণ (Gravitational acceleration)। এই সমীকরণে জড় ত্বরণ ও মহাকর্ষ ত্বরণের মান সমান দেখানো হয়েছে (The circumstances states that the ratio between the inertial mass of the particle and its gravitational mass is equal-Moller, 1966)[3]। আইনস্টাইন জড় ত্বরণ এবং মহাকর্ষ ত্বরণকে আলাদাভাবে অনুমান করেছেন এবং এই দুটো ত্বরণকে সমত্বরণ হিসেবে গ্রহণ করেছেন। কিন্তু মহাকর্ষ ভর থেকে জড় ভর সৃষ্টি হয় বিধায় এদের আলাদা অস্তিত্ব নেই। এ দু'ধরনের ত্বরণ অভিন্ন। আইনস্টাইন জড় ত্বরণ ও মহাকর্ষ ত্বরণের সমতুল্য ধারণা সঠিক ছিলো না। তিনি সেটা সঠিকভাবে অনুমান করেননি। আইনস্টাইন আরো অনুমান করেন যে জড় কাঠামো ব্যতীত যে ত্বরণ সৃষ্টি হয় সেটা কাল্পনিক বল (Such a force which appears only due to acceleration of the non-inertial frame is called the fictitious force. -Prakash, 1985)[4]। কিন্তু কাল্পনিক কোনো বল হতে পারে না। আর মহাকর্ষ ক্ষেত্র ছাড়া কোনো ত্বরণ হতে পারে না। এটা ছিলো আইনস্টাইনের ভুল ধারণা। এহেন কাল্পনিক ধারণা বিজ্ঞান জগতে বিপর্যয় সৃষ্টি করেছে।

বিংশ শতাব্দীর বিভিন্ন সময়ে বুডাপেস্টের রোনাল্ড ইয়টভস, মস্কোর ইগর ব্রিজিন্সকি এবং প্রিন্সটন বিশ্ববিদ্যালয়ের রবার্ট ডিকি মহাকর্ষ ভর ও জড় ভরের সমতুল্যতা নিয়ে পরীক্ষা চালান। তাঁরা গ্যালিলিওর পড়ন্ত বস্তুর সূত্রে দুটো বস্তুর সমগতিতে

www.banglainternet.com

পতন সম্পর্কে সিদ্ধান্ত নিতে চেয়েছিলেন। কিন্তু তাঁদের পরীক্ষণের উপাদান যথাযথ না হওয়ায় সঠিক ব্যাখ্যা দিতে পারেননি। তাঁদের পরীক্ষা সম্পর্কে সমালোচনা করা হয় যে পরীক্ষার উপাদানগুলো ছিলো হালকা প্লাটিনাম ও এলুমিনিয়াম ধাতব পাত অথবা হালকা সোনা ও এলুমিনিয়াম পাত, ফলে মহাকর্ষ প্রভাবের তারতম্য পাওয়া যায়নি। এছাড়া একই স্থানে একই ধরনের দুটো বস্তুর উপর পরীক্ষা মহাকর্ষ ভর ও জড় ভর সমান আসবে। এই পরীক্ষায় গ্যালিলিওর পড়ন্ত বস্তুর সূত্রের সাথে কোনো মিল নেই। তবে দুটো উপাদান পতনশীল হলে এবং একটি অধিক ভর বিশিষ্ট ও অন্যটি কম ভর বিশিষ্ট হলে মহাকর্ষ প্রভাবের পার্থক্য হতো (The mass tested were small and the possibility remained that heavy objects might behave differently. -Calder, 1979)[5]। এ পরীক্ষার সিদ্ধান্ত এসেছিলো যে মহাকর্ষ ভর এবং জড় ভর সমান। এ ফলাফল মহাকর্ষ ভর ও জড় ভরের সমতুল্য ভ্রান্ত ধারণাকে স্বীকৃতি দিয়েছে। ঐক্যবদ্ধ মতবাদ অনুসারে মহাকর্ষ ভর ও জড় ভরের অনুপাত সমান না ধরে সমানুপাতিক ধরা হয়েছে। কারণ বস্তু মহাকর্ষ হতে জড় ভর গ্রহণ করে বলে এদের আলাদা অস্তিত্ব নেই। বস্তু মহাকর্ষ থেকে আকার, আয়তন ও ঘনত্ব অনুসারে ভর প্রাপ্ত হয়। এখানে এটাই প্রমাণিত হয় যে জড় ভর ও মহাকর্ষ ভর সমকক্ষ নয় এবং সমানও নয় বরং এরা ভর সাপেক্ষে সমানুপাতিক। মহাকর্ষ হচ্ছে একক এবং অপ্রতিদ্বন্দ্বী বল যা বস্তুকে ভর প্রদান করে এবং বিশ্বকে নিয়ন্ত্রণ করে। আর মহাকর্ষের একটি একক সূত্র হবে যেখানে বলবিজ্ঞান ও গণিতের সকল সূত্রকে অন্তর্ভুক্ত করে।

উপসংহারে বলা যায় এতদিন বলবিজ্ঞানে বস্তুর মহাকর্ষ ভর ও জড় ভরকে সমান ধরা হয়েছে। কিন্তু এই সহজ, সরল ও সস্তা ধারণাকে পরিহার করতে হবে। বস্তু মহাকর্ষ হতে ভর সাপেক্ষে জড় ভর প্রাপ্ত হয় বলে মহাকর্ষ ভর ও জড় ভর সমতুল্য নয় এবং সমানও নয়। এদের মধ্যে ভর নীতি হচ্ছে সমানুপাতিক। একই ভাবে এদের জড় ত্বরণ ও মহাকর্ষ ত্বরণ সমত্বরণ না হয়ে সমানুপাতিক ত্বরণ হবে। তাই বলা যায় বস্তুর জড় ভর মহাকর্ষ ভরের সহিত সঙ্গতিপূর্ণ এবং সমানুপাতিক। বস্তু মহাকর্ষ থেকে ভর প্রাপ্ত হয় বলে এখানে মহাকর্ষের প্রাধান্য রয়েছে। অতএব, প্রচলিত সমতুল্য নীতি, সমত্বরণ নীতি এবং সমভর নীতি পরিহার করে এসব ক্ষেত্রে সমানুপাতিক নীতি গ্রহণ করা যেতে পারে।

References

1 & 2. Born, M., *Einstein's Theory of Relativity*, Dover Publications Inc., New York, 1962, P. 44.

3. Moller, C., *The Theory of Relativity*, Oxford University Press 1966, P. 220.

www.banglainternet.com

4. Prakash, S., *Relativistic Mechanics*, Pragati Prakashan, Meerut. 1985, P. 363.
5. Calder, N., *Einstein's Universe*, Penguin Group, 27 Wright Lane, London, England.

www.banglainternet.com

সমতুল্য নীতি বনাম সমানুপাতিক নীতি : পদার্থবিজ্ঞানে কোনটি প্রকৃত নীতি?

(Principle of Equivalence vs. Principle of Proportionate)

সমতুল্য নীতি কী? আইনস্টাইন সমতুল্য নীতি কেন রচনা করেছিলেন? সমতুল্য ধারণা পদার্থবিজ্ঞান ও গণিত জগতে কীভাবে বিপর্যয় সৃষ্টি করেছে? সমানুপাতিক নীতি কী? সমানুপাতিক নীতির প্রয়োজনীয়তা কী? এ দুটো নীতির মধ্যে পার্থক্য কী? এ বিষয়গুলো নিয়ে এখানে আলোচনা হলো।

চিরায়ত বলবিজ্ঞান এবং আপেক্ষিকবাদে একটা সাধারণ ধারণা রয়েছে যে মহাকর্ষ ভর এবং জড় ভর সমান (Gravitational and inertial mass are equal, Born, 1962)[1]। মহাকর্ষ ভর এবং জড় ভর সমান বলে এদেরকে সমতুল্য ধরা হয়েছে এবং সমতুল্য নীতি গ্রহণ করা হয়েছে। তবে সমতুল্য নীতি সঠিক নীতি নয়। কারণ দুটো জগৎ সমান নয় এবং সমতুল্যও নয় বরং এরা অভিন্ন। মহাকর্ষ জড় জগৎকে ভর প্রদান করে ও অদৃশ্যভাবে নিয়ন্ত্রণ করে। ফলে দৃশ্যমান জগতের আলাদা অস্তিত্ব নেই এবং দুটো জগতকে আলাদা বলা যায় না। তাই জড় জগৎ ও মহাকর্ষ জগৎ অভিন্ন বিধায় এদের মধ্যে একটি অভিন্ন নীতি চলে এসেছে। সে নীতিটি হচ্ছে সমানুপাতিক নীতি। এই নীতি অনুসারে মহাকর্ষ বস্তুকে যে পরিমাণ আকর্ষণ করে বস্তু সে পরিমাণ জড় ভর প্রাপ্ত হয়। এখানে মহাকর্ষ বস্তুর মধ্যে পদার্থের পরিমাণ অনুপাতে আকর্ষণ ও ভর প্রদান করে বলে এই নীতিকে সমানুপাতিক নীতি হিসেবে বিবেচনা করা হয়েছে। অর্থাৎ বস্তু মহাকর্ষ হতে নিজস্ব ভর অনুপাতে জড় ভর প্রাপ্ত হয়। তাই এরা ভর অনুপাতে সমতুল্য না হয়ে সমানুপাতিক। কিন্তু আইনস্টাইন গতানুগতিকভাবে মহাকর্ষ ভর ও জড় ভরকে সমতুল্য ধরে সমতুল্য নীতি এবং ভর ও শক্তির সমতুল্য নীতি প্রণয়ন করেছেন। দুটো ভরের সমতুল্য ধারণা পদার্থবিজ্ঞান ও গণিত জগতে বিপর্যয় সৃষ্টি করেছে (অধ্যায় ১৩)।

মহাকর্ষ স্থায়ী বল আর জড় বল অধীনস্থ বল। সার্বিকভাবে দুটো বল সমান নয় এবং সমকক্ষও নয়। এখানে জড় ভর ও জড়তার সূত্র মহাকর্ষের সহযোগিতায় কাজ করে। সুতরাং জড়তার সূত্র স্বাধীন সূত্র হতে পারে না। একজন কর্মচারী মালিকের অধীন কাজ করে, সে মালিকের সমকক্ষ হয় না। একটি ক্ষুদ্র পরিসরে মহাকর্ষকে

www.banglainternet.com

বলপ্রয়োগ (জড়বল) দ্বারা প্রতিহত করা যায়, তার মানে এই নয় জড় বল মহাকর্ষের সমকক্ষ বা বৃহত্তর বল। জড় বল স্বল্প পাল্লার ও সবল কিন্তু মহাকর্ষ বল দূরপাল্লার, দুর্বল ও ব্যাপক বল। যদিও মহাকর্ষ দুর্বল বল তবু এর ব্যাপকত্ব দ্বারা বিশ্বকে নিয়ন্ত্রণ করা কঠিন নয়। বস্তুর ভর মহাকর্ষ কর্তৃক আকর্ষণের সমান। বস্তুর ভরকে মহাকর্ষ বিশ্ব নিয়ন্ত্রণে হাতিয়ার হিসেবে ব্যবহার করে। মহাকর্ষ হচ্ছে চারটি বলের মধ্যে দুর্বলতম বল—তবে এটা অন্যান্য বলকে নিয়ন্ত্রণ করে (Gravitational forces can dominate over all other forces. -Hawking, 1988)[2]। ক্ষুদ্র পরিসরে মহাকর্ষ দুর্বল বল কিন্তু বিশ্বব্যাপী মহাকর্ষ বল হচ্ছে বৃহদাকারের বল, যা বিশ্বকে নিয়ন্ত্রণ করে। আইনস্টাইন জড়তার সূত্র এবং মহাকর্ষ সূত্রকে সমকক্ষ ধরে সমতুল্য নীতির মাধ্যমে বিজ্ঞান ও গণিত জগতে বিপর্যয় সৃষ্টি করেছেন। দুটো নীতিকে যদি সমকক্ষ ধরা হয়, তবে এরা স্বাধীন নীতি হিসেবে স্বীকৃতি পায়। কিন্তু বিশ্ব অভিন্ন নিয়মে পরিচালিত হচ্ছে। বাস্তবিক পক্ষে জড় ভর যেমন মহাকর্ষ থেকে নিঃসৃত হয় ও নিয়ন্ত্রিত হয় তেমনি জড়তার নীতি মহাকর্ষ থেকে নিঃসৃত হয় ও নিয়ন্ত্রিত হয়। অতএব, বলা যায় জড়তার সূত্রগুলো মহাকর্ষ সূত্রের সমকক্ষ নয় বরং মহাকর্ষ কর্তৃক নিয়ন্ত্রিত আংশিক সূত্র মাত্র।

আইনস্টাইন যদিও গঠনগত বৈসাদৃশ্য দুটো সূত্র, জড়তার সূত্র এবং মহাকর্ষ সূত্রের মধ্যে সাঁকো (সমতুল্য নীতি) তৈরির চেষ্টা করেছিলেন কিন্তু সেটা পূর্ণতা লাভ করেনি। এসব কারণে চিরায়ত বলবিজ্ঞান এবং সার্বিক আপেক্ষিকবাদে কোনো প্রভেদ নেই (The general theory of relatively is what is called a classical theory. -Hawking, 1993)[3]।

আইনস্টাইন গতানুগতিকভাবে সমতুল্য নীতিতে এই ধারণা গ্রহণ করেছিলেন যে উপর থেকে সকল বস্তু সমগতিতে পতিত হয় (Principle of equivalence implies that different massess fall at the same rate. -Good, 1974)[4]। কিন্তু বায়ুশূন্য স্থানে উপর থেকে সকল বস্তু সমগতিতে পতিত হয় কেন—সেটার ব্যাখ্যা আজো সঠিকভাবে আসেনি। গ্যালিলিওর পড়ন্ত বস্তুর এই সূত্র বিজ্ঞান ও গণিত জগতে বিপর্যয় সৃষ্টি করেছে। বস্তু সমগতিতে পতিত হয় বলে পদার্থবিজ্ঞানে একটা গতানুগতিক ধারণা রয়েছে যে জড় ভর ও মহাকর্ষ ভর সমান। একদিকে বস্তু মহাকর্ষ হতে বস্তুর ভর সাপেক্ষে জড় ভর লাভ করে বিধায় এরা সমান নয় এবং অন্যদিকে স্থানভেদে মহাকর্ষের পার্থক্য হেতু বস্তুর ভরের পার্থক্য হয়। অতএব, মহাকর্ষ ভর ও জড় ভর সর্বত্র সমান বলা যায় না। দুটো ভর স্থানভেদে আলাদা অনুপাত রক্ষা করে। এটার অর্থ এই দাঁড়ালো যে দুটো বস্তুর ভরের অনুপাত প্রত্যেক দেশকালে ভিন্ন হয়। এসব কারণে সমতুল্য নীতিকে সমানুপাতিক নীতি হিসেবে বিবেচনা করা হয়েছে (অধ্যায় ১৩, ১৭)। এই যুক্তির স্বপক্ষে একাধিক প্রমাণ উপস্থাপন করা হলো। ধরা যাক, পৃথিবী পৃষ্ঠে একটি বস্তুর ভর ৬ কেজি,

www.banglainternet.com

এভারেস্ট শৃঙ্গে ৫ কেজি, চন্দ্র পৃষ্ঠে ১ কেজি এবং মহাশূন্যে বস্তুটি ভরশূন্য। বস্তুর ওজন ও ভর গেল কোথায়? মহাকর্ষের তারতম্যের জন্য বিভিন্ন দেশকালে বস্তুর ভরের তারতম্য হয়। যেহেতু বিভিন্ন দেশকালে একটি বস্তুর জড় ভর ও মহাকর্ষ ভরের তারতম্য ঘটে সেহেতু বস্তুর ভরও ঠিক থাকে না। বিভিন্ন দেশকালে বস্তুর ভরের হ্রাস-বৃদ্ধি প্রমাণ করে বস্তুর স্থায়ী ভর নেই। এটা আরো প্রমাণ করে যে জড় ভরের আলাদা অস্তিত্ব নেই। এটা মহাকর্ষের সাথে অভিন্নভাবে মিশে আছে। দ্বিতীয়ত, মহাকর্ষ আলাদা কৌশলে স্থির বস্তু এবং গতিশীল ও পড়ন্ত বস্তুর উপর প্রভাব বিস্তার করে। মহাকর্ষ দ্বারা স্থির বস্তু ভরে পরিণত হয় এবং গতিশীল ও পড়ন্ত বস্তু ভরবেগে রূপান্তরিত হয় (By gravitation static body stands to mass and moving body stands to acceleration. –Tajuddin & Others, 2008)[5]। মহাকর্ষের সহায়তা ছাড়া বস্তু ভর ও ভরবেগে পরিণত হয় না। তৃতীয়ত, দুই বা ততোধিক বস্তুর আকর্ষণে বস্তুর মধ্যে ভর পাওয়া যায় যথা, পৃথিবী ও পৃথিবীর উপরিভাগে একটি বস্তুর আকর্ষণে বস্তুটির ভর বের হয়। যদি বস্তুটির আকার ও আয়তন বড় হয় এবং ঘনত্ব বেশি হয়, তবে বস্তুটির ভর বেশি হবে এবং উল্টো হলে বিপরীত ঘটবে। বস্তুটির ভরের পরিমাপ পৃথিবীর এবং বস্তুটির আকর্ষণের অনুপাতের উপর নির্ভর করে। এটা প্রমাণ করে না যে জড়ভর এবং মহাকর্ষভর সমান। এটা প্রমাণ করে যে বস্তুর নিজস্ব ভর নেই, এটা মহাকর্ষ থেকে আকর্ষণের মাধ্যমে পদার্থের আনুপাতিক হারে ভর পায়। চতুর্থত, সার্বিক আপেক্ষিকবাদ অনুসারে বস্তুর ভর ও শক্তি সমতুল্য নয় বরং এরা সমানুপাতিক। যদি বস্তুর এনার্জি (শক্তি) বৃদ্ধি পায় তবে বস্তুর ভর বৃদ্ধি পায় (If the energy of a body increases then its mass will increase. –Goldstein, 1986)[6]। বস্তু গতিশীল হলে মহাকর্ষ প্রভাবে বস্তুর ভর বৃদ্ধি পায়। সুতরাং ভরের সমতুল্য ধারণার পরিবর্তে সমানুপাতিক ধারণা চলে আসে। পঞ্চমত, এই আলোচনা প্রমাণ করে যে বস্তুর নিজস্ব ভর নেই, এটা আকার, আয়তন ও ঘনত্ব অনুসারে সমানুপাতিক হারে মহাকর্ষ হতে আকর্ষণের মাধ্যমে ভর প্রাপ্ত হয়। বস্তুর গতি বৃদ্ধির সাথে সাথে ভর বৃদ্ধি পায়। ষষ্ঠত, সমতুল্য নীতি অনুসারে অনুমিত সিদ্ধান্ত চলে আসে যে জড়বল এবং মহাকর্ষবল সমতুল্য হলে জড় জগতের উপর মহাকর্ষের প্রভাব থাকে না। কিন্তু জড় জগতের উপর মহাকর্ষের প্রভাব রয়েছে। সুতরাং সমতুল্য নীতি সঠিক নয়। সপ্তমত, আইনস্টাইন প্রকৃতির নিয়মগুলোকে সমন্বয় সাধনের লক্ষ্যে সমভিন্নতার নীতি প্রণয়ন করেছিলেন। সমভিন্নতার নীতিটা হলো প্রকৃতির নিয়মগুলো সকল স্থানাঙ্ক বিধিতে অভিন্ন হবে (The laws of nature retain their same form in all coordinate systems. –Prakash, 1985)[7]। ঐক্যবদ্ধ মতবাদ রচনার লক্ষ্যে এটা ছিলো আইনস্টাইনের প্রশংসনীয় উদ্যোগ। এই লক্ষ্যে আইনস্টাইন জড়তার সূত্র এবং মহাকর্ষ সূত্রের সমতুল্য বিধান করেছিলেন। এখানে

www.banglainternet.com

অনেক আলোচনা হয়েছে যে প্রকৃতির নিয়মগুলোর সমন্বয়ের স্বার্থে এই দুটো সূত্রকে সমতুল্য না ধরে সমানুপাতিক নীতি হিসেবে ধরতে হবে।

উপসংহারে বলা যায় জড় ভর মহাকর্ষ ভর থেকে সৃষ্টি হয়। ফলে এরা সমান নয় এবং সমতুল্যও নয়। জড় জগৎ এবং মহাকর্ষ জগৎ মিলে এক অভিন্ন জগৎ। এদের বিচ্ছিন্ন করা যাবে না। আবার স্থানভেদে একই বস্তুর ভরের পার্থক্য হয়। তাই মহাকর্ষ ভর ও জড় ভরের সমতুল্য ধারণা এবং সমতুল্য নীতি সঠিক নয়। এখানে সমতুল্য নীতি সমানুপাতিক নীতিতে পরিবর্তন হবে। এতোদিন গ্যলিলিওর পড়ন্ত বস্তুর সমগতি সূত্র এবং আইনস্টাইনের সমতুল্য নীতি ঐক্যবদ্ধ মতবাদের প্রতিবন্ধকতা ছিলো। এখানে সেটার সমাপ্তি টানা হয়েছে এবং সমানুপাতিক নীতিকে প্রতিষ্ঠা করা হয়েছে।

References

1. Born, M., *Einstein's Theory of Relativity*, Dover Publications Inc., New York, 1962, P. 44.
2. Hawking, S. W., *A Brief History of Time*, Bantam Books, New York, London, 1988, P. 163.
3. Hawking, S. W., *The Black Holes and Baby Universes and Other Essays*, Bantam Books, New York, London 1993, P. 43.
4. Good, R.H., *Basic Concepts of Relativity*, East-West Press Pvt. Ltd. New Delhi, 1974, P. 80-81
5. Tajuddin and Others, *Review of the Theory of Relativity*, Journal of Applied Sciences Research, 4(1) : 32-39, 2008.
6. Goldstein, A. M., *A Dictionary of Physics*, CBS Publishers & Distributors, New Delhi, 1999, P. 160-161.
7. Prakash, S., *Relativistic Mechanics*, Pragati Prakashan, Meerut, India, 1990, P. 317, 344, 343, 383

www.banglainternet.com

আলোর প্রতিসরণ : আলো প্রতিসরণকালে বেঁকে যায় কেন? গতি কীভাবে সৃষ্টি হয়?

(Linear & Spherical Motion of Light)

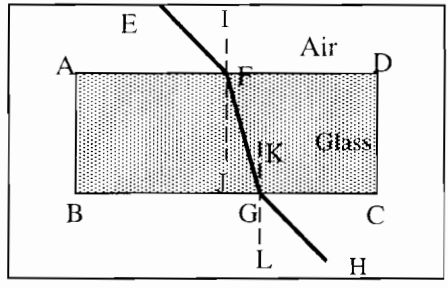
আলোর প্রতিসরণ কী? আলোর প্রতিসরণকালে বেঁকে যায় কেন? আলো প্রতিসরণ কালে গতি উৎপন্ন হয় কীভাবে? আলোর গোলকীয় গতি কী? গতি গোলকীয় কীভাবে হয়? আলোর রৈখিক গতি ও গোলকীয় গতি কোনটি প্রাধান্য পাবে? এসব বিষয় নিয়ে আলোচনা হলো।

পদার্থবিজ্ঞানে আলোর প্রকৃতি নিয়ে ব্যাপক আলোচন রয়েছে, তবে সেটা রৈখিক গতি সম্পর্কিত। আলোর অতি উচ্চ গতি রয়েছে, যা সেকেন্ডে ৩০০০০০ কি. মি. বেগে চলে। কোয়ান্টাম বলবিজ্ঞানে আলোর দুটো রূপ রয়েছে—কণিকা ও তরঙ্গ। আলো হচ্ছে ফোটন কণার প্রবাহ। আর ফোটন থেকে ইলেকট্রনের প্রবাহ হয়। আলোর বর্ণালি, প্রতিসরণ, প্রতিফলন—এসব হচ্ছে আলোর বিভিন্ন অবস্থা। আলোকবিজ্ঞান থেকে পদার্থবিজ্ঞানের বিবিধ ক্ষেত্রের অনেক কিছু জানা যায়। তবে আলোর যে গোলকীয় গতি রয়েছে সেটা আজো অগোচরে রয়ে গেছে। একজন বিজ্ঞানী বলেছেন যে বিজ্ঞানীগণ কেন প্রশ্নের উত্তর দেন না, তাঁরা শুধু আবিষ্কার করেন। অর্থাৎ বিজ্ঞানীগণ ঘটনার কারণ উদঘাটন করেন না, তাঁরা ফলাফল বের করেন। এখানেই বিজ্ঞানীগণ ভুল করেন, কেননা প্রকৃতির প্রতিটি ঘটনার পেছনে কারণ ও ফলাফল সম্পর্ক (Cause-effect relationship) রয়েছে। ঘটনার কারণ ও ফলাফল একসাথে উদঘাটন করা না হলে, মূল রহস্য যেখানে সেখানেই থেকে যায়। রহস্যের কারণ অনুসন্ধান না করে সূত্র প্রদান করা হলে সে সূত্র সঠিক নাও হতে পারে। এমন অনেক উদাহরণ রয়েছে যথা—গ্রিকদের সমতলীয় ধারণা, রৈখিক গতির ধারণা, গ্যালিলিওর পড়ন্ত বস্তুর সমগতির ধারণা, মহাকর্ষ ভর ও জড় ভরের সমতুল্য ধারণা, ভরবেগের সংরক্ষণ ধারণা, ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সমান ধারণা, গোলকীয় গতি এবং মাধ্যম পরিবর্তন হলে আলোর গতির বক্র হওয়ার কারণ। এইসব বিষয়ে অনুসন্ধান না করার ফলে পদার্থবিজ্ঞান ও গণিত গতানুগতিক রয়ে

www.banglainternet.com

গেছে এবং ভুলভ্রান্তির কোনো সংশোধন হয়নি। এতে করে অগ্রগতির পথে মারাত্মক বাধা সৃষ্টি হয়েছে।

আলো এক মাধ্যম থেকে অন্য মাধ্যমে গমন করলে কৌণিকভাবে বেঁকে যায়। এই বেঁকে যাওয়ার নীতিকে বলা হয় আলোর প্রতিসরণ। আলোর মাধ্যম পরিবর্তন হলে বেঁকে যায় কেন? এই প্রশ্নের উত্তর থেকে গোলকীয় বা বৃত্তীয় গতির এক বিরাট উদঘাটন সম্ভব হয়েছে। আলোর এই বেঁকে যাওয়ার নীতি গতি জগতের এক দিক নিদর্শন হিসেবে কাজ করছে। আলোর প্রতিসরণ নিয়মকে পদার্থবিজ্ঞানে গতি বক্রতার সাধারণ নিয়ম হিসেবে গ্রহণ করা যায়। আলোর গতির মাধ্যম পরিবর্তন হলে কীভাবে গোলকীয় গতি সৃষ্টি হয়? এখানে সেটা আলোচনা হলো। নিম্নে (চিত্র ৭) আলোর প্রতিসরণ প্রদর্শিত হলো—



চিত্র : ৭ আলোর প্রতিসরণ

এখানে (চিত্র ৭) দেখানো হয়েছে আলো বায়ু থেকে কাচের মধ্যে প্রবেশ করলে বেঁকে যায়, আবার কাচ থেকে বায়ুতে প্রবেশ করলে উল্টো দিকে বেঁকে যায়। এইভাবে গতির ক্রমশ মাধ্যম পরিবর্তন হলে গোলকীয় গতির সৃষ্টি হয়। তবে প্রবাহ ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে গমন করলেই গতি সৃষ্টি হয় এবং উল্টোভাবে ঘটলে গতির মন্থন হয়।

গতি কীভাবে সৃষ্টি হয়? আলো ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে গমন করলে বেঁকে যায় এবং ক্রমাগত এভাবে চলতে থাকলে বৃত্তীয় প্রক্রিয়ায় গতি সৃষ্টি হয় এবং গতি বৃদ্ধি পায়। এটাই গতি সৃষ্টির আদি নিয়ম। এখানে এই ধারণা সাধারণীকরণ করা হয়েছে। অর্থাৎ কোনো প্রবাহ ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে কিংবা উচ্চচাপ থেকে নিম্নচাপে কিংবা উচ্চতাপ থেকে নিম্নতাপে কিংবা উচ্চ শক্তি থেকে নিম্ন শক্তিতে গমন করলে বেঁকে যায় এবং গতি সৃষ্টি হয়। এভাবে কোনো প্রবাহ চলতে থাকলে গোলকীয় গতি সৃষ্টি হয়। এটা হচ্ছে গোলকীয় গতি বা বৃত্তীয় গতি। এখানে উচ্চচাপ, উচ্চতাপ, উচ্চশক্তি, উচ্চ প্রবাহ ইত্যাদি ঘন মাধ্যম হিসেবে বোঝানো হয়েছে এবং নিম্নচাপ, নিম্নতাপ, নিম্নশক্তি, নিম্নপ্রবাহ ইত্যাদি মাধ্যমগুলোকে হালকা মাধ্যম হিসেবে বোঝানো হয়েছে। এভাবে ঘন মাধ্যম থেকে হালকা মাধ্যমে আলো

www.banglainternet.com

গমন করলে গতি সৃষ্টি হয় ও গতি বৃদ্ধি পায়। ইঞ্জিনে উচ্চ তাপ থেকে নিম্ন তাপে গতি সৃষ্টি হয় এবং ঘন বায়ু থেকে হালকা বায়ুর দিকে প্রবাহ সৃষ্টি হয়। এখানে গতি কীভাবে সৃষ্টি হলো এবং গতি কীভাবে বৃত্তীয় নিয়মে গমন করে সেটাই ব্যক্ত করা হলো। পদার্থবিজ্ঞানের অব্যক্ত ধারণা এখানে প্রকাশ করা হলো। আলোর প্রতিসরণ গোলকীয় গতির এক অসামান্য উদাহরণ।

আর প্রবাহ উল্টোভাবে ঘটলে গতির মন্থন ঘটে অর্থাৎ হালকা মাধ্যম থেকে ঘন মাধ্যমে গমন করলে বেগ কমে যায়। আলো এবং মহাকর্ষ ব্যতীত অন্যান্য ক্ষেত্রে হালকা মাধ্যম থেকে ঘন মাধ্যমে গতি কার্যকরী নয়। কারণ গতির মন্দন হলে কিছুক্ষণ পর গতি থেমে যায়।

আলোর রৈখিক গতি কিংবা গোলকীয় গতি কোনটি প্রাধান্য পাবে? দেশকাল বক্র, মহাকর্ষ বক্র এবং দুটো বিন্দুর সংযোগ রেখা বক্র। মহাকর্ষ সকল গতিকে বাঁকিয়ে দেয়। এহেন অবস্থায় আলোর রৈখিক গতির ভিত্তি কোথায়? এটা গ্রিকদের দুষ্ট রৈখিক জ্যামিতি দ্বারা প্রভাবিত। আলো প্রতি সেকেন্ডে তিন লক্ষ কিলোমিটার বেগে গমন করে। কিন্তু সেটা কোন মাধ্যমে? ভূ-পৃষ্ঠের উপরিভাগে ঘনবায়ু স্তরে আলোর এই বেগ। তবে বক্রভাবে আলোর বেগ হিসেব করা হয়। সূর্যের আলো ভূ-পৃষ্ঠে পৌঁছতে ৮ মিনিট সময় লাগে অথবা তারকার দূরত্ব আলোকবর্ষ দিয়ে হিসাব করা হয়। এসবই আলোর বক্র গতির হিসেব। আলোর গতি সর্বত্র অভিন্ন বেগে চলে সে তথ্য সঠিক নয়। আলো বায়ু থেকে কাচে বা পানিতে বা মহাশূন্যে একই গতিবেগে যেতে পারে না। ঐক্যবদ্ধ মতবাদে আলোর রৈখিক গতির প্রাধান্য নেই, এখানে গোলকীয় গতির প্রাধান্য দেওয়া হয়েছে।

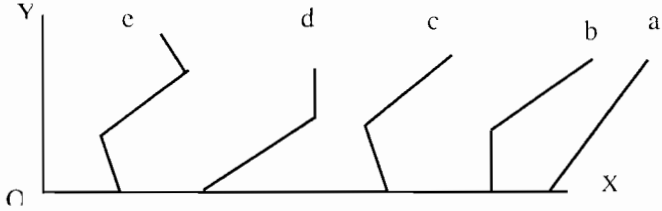
মহাশূন্য, বায়ুমণ্ডল, সমুদ্রের লবণাক্ত পানি ও ইঞ্জিন থেকে কীভাবে গতি সৃষ্টি হয়? আলো মহাশূন্যে হতে বায়ুমণ্ডলে অথবা বায়ুমণ্ডল থেকে মহাশূন্যে গমন করলে বক্র হয় এবং গতি সৃষ্টি হয়। মহাকর্ষ গতিপথে মাধ্যম পরিবর্তন হলে বক্র হয়। মহাকর্ষ বল বক্র হওয়ার পেছনে মাধ্যম পরিবর্তন অন্যতম কারণ। সমুদ্রের লবণাক্ত ঘন পানি থেকে হালকা পানির দিকে স্রোত সৃষ্টি হয়। বায়ুমণ্ডলে ঘন স্তর থেকে হালকা স্তরে বায়ুপ্রবাহ সৃষ্টি হয়। যানবাহন ও কলকারখানার ইঞ্জিনে ডিজেল ও পেট্রোল পুড়িয়ে উচ্চচাপ থেকে নিম্নচাপের দিকে গতি সৃষ্টি করা হয়। সূর্যের ভেতরে প্রচণ্ড উচ্চচাপ থেকে তাপ ও আলো মহাশূন্যে নিম্নচাপে বেরিয়ে আসে এবং বক্রগতি সৃষ্টি হয়। একইভাবে চুল্লিতে পানি উত্তাপ দিলে প্রসারিত হয় এবং বাষ্প বের হয়। যানবাহনের ইঞ্জিনে যত উচ্চচাপ সৃষ্টি করা যায় গতি তত বৃদ্ধি পায়। মহাকাশ অভিযান এবং দ্রুত যোগাযোগের ক্ষেত্রে উচ্চচাপ বিশিষ্ট ইঞ্জিন অধিক উপযোগী।

আলোর প্রতিসরণ বিধি ও ঐক্যবদ্ধ বিধির মধ্যে মিল আছে কি? মাধ্যম পরিবর্তন হলে আলোর বক্রগতি সৃষ্টি হয়, এটা আলোর প্রতিসরণ বিধি নামে পরিচিত।

www.banglainternet.com

আলোর প্রতিসরণের বিধির সাথে ঐক্যবদ্ধ বিধির সামঞ্জস্য রয়েছে। আলোর প্রতিসরণাঙ্ক সূচির মতো ঐক্যবদ্ধ মতবাদের ছয়টি উপাদানের সূচি বের করা যেতে পারে। এই সূচিতে জড় বল, মহাকর্ষ বল, অভিকর্ষ বল, বৃত্তীয় ব্যাসার্ধ, বৃত্তীয় ত্বরণ ও সময়ের পরিমাণ এবং প্রতিক্রিয়া উল্লেখ থাকবে।

গতি চলাকালীন সময়ে কীভাবে বক্রতা আসে? সেটা এখানে উপস্থাপন করা হলো। কোনো বিন্দু স্থির অবস্থা থেকে গতি শুরু করে ত্বরণ প্রাপ্ত হলে বক্রতা আসে। গতি ধীর থেকে দ্রুত হলে বক্র হয়। আবার গতিশীল থেকে ত্বরণ প্রাপ্ত হলে বক্রতা সৃষ্টি হয়। গতির মন্দন হলে বক্রতা বৃদ্ধি পায়। নিম্নে (চিত্র ৮) মুক্ত বস্তুর গতিবক্রতা দেখানো হলো—



চিত্র : ৮ মুক্ত গতির বক্রতা

চিত্র ৮-এ দেখানো হয়েছে যে, মুক্তগতি তীব্র হলে গ্রাফ রেখা খাড়া হয় (চিত্র 8a)। কিন্তু গতি ধীর হলে গ্রাফ রেখা না হয়ে আনুভূমিক রেখার সাথে কাত হয়ে চলে। আবার যদি একটি বিন্দু বিশ্রাম থেকে হঠাৎ করে গতি শুরু করে ত্বরণ প্রাপ্ত হয় গ্রাফ রেখা মধ্যখানে বক্র হয় (চিত্র 8b)। একইভাবে কোনো গতি সমবেগ হতে ডানে বা বামে ত্বরণ প্রাপ্ত হলে গতি পথ পরিবর্তন হয় (চিত্র 8c, d)। যদি কোনো গতি ঘন ঘন বেগ পরিবর্তন করে তবে এটা প্রতিবারই বেঁকে যাবে (চিত্র 8e)। (In the case of great velocities the path traversed in one second is great, thus the graph line has only a small inclination to the x-axis (Fig.8a): the smaller the velocity, the steeper the graph. A point that is at rest has zero velocity. ...If a point starts at rest and then suddenly acquires a velocity and moves on with this velocity, the graph is a broken line one part of which is inclined, the other being vertical (Fig.8b). Similarly broken lines represent cases in which a point that is initially moving uniformly to the right or to the left suddenly changes its velocity (Fig. 8 c, d, e) —Born, 1965)[1]

এখানে গতি বক্রতার কয়েকটি উদাহরণ দেয়া হলো। পানিতে মাছ শিকার করা আলোর বক্রগতির জন্য লক্ষ্য ভ্রষ্ট হয়। যুদ্ধ বিমানকে বিমান বিধ্বংসী কামানের গোলা বা মিসাইল নিক্ষেপ করলে লক্ষ্য ভ্রষ্ট হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। চলমান ট্রেন বা বাস থেকে লাফ দিলে গাড়ির চাকার নিচে পড়ে মৃত্যুর ভয় থাকে। বস্তুর অবস্থান

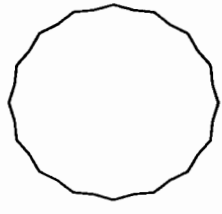
www.banglainternet.com

পরিবর্তনজনিত কারণে গতির বক্রতা আসে বলে এমনটি হয়। মাধ্যম পরিবর্তন জনিত কারণে গতি লম্বভাবে হোক বা তির্যকভাবে হোক বক্রতা আসবেই। এক বালতি পানিতে লম্বভাবে দৃষ্টি দিলে বালতির তলা উপরে উঠে গেছে বলে মনে হয়, সেটা প্রতিসরণের বক্রতার জন্য এমনটি হয়। সূর্যোদয়, সূর্যাস্ত এবং মধ্যাহ্ন সূর্য আলোর হালকা মাধ্যম থেকে ঘন মাধ্যমে আসার ফলে বক্রতার জন্য পশ্চাৎগামী ধরা হয়। একইভাবে আকাশের গ্রহনক্ষত্র গতির পশ্চাৎগামী অবস্থান করছে বলে ধরা হয়। এসব আলোর বক্রগতির জন্য হয়।

বেতার জগতে কীভাবে গতিবক্রতা কাজে লাগানো হয়। বেতার জগতে ইলেক্ট্রোম্যাগনেটিক ফিল্ডে কণ্ঠস্বর, বার্তা ইত্যাদি প্রেরণ করার জন্য বিভিন্ন ফ্রিকোয়েন্সি ব্যবহার করা হয়। উচ্চ ফ্রিকোয়েন্সিতে অধিক বক্রতা আসে এবং অধিক দূর বার্তা গমন করে। আর নিম্ন ফ্রিকোয়েন্সিতে কম বক্রতার জন্য বার্তা বেশি দূরে গমন করে না। মহাকর্ষের সাথে ম্যাগনেটিক আকর্ষণ জড়িত বলে ম্যাগনেটিক ফিল্ডের সৃষ্টি হয়েছে। আর ম্যাগনেটিক ফিল্ডের জন্য আকর্ষণ বক্র হচ্ছে। চুম্বকের ক্ষেত্রও বক্র। অতি উচ্চ ফ্রিকোয়েন্সির মাধ্যমে বিশ্বব্যাপী বার্তা প্রেরণ করা হয়।

গতি বক্রতা থেকে কীভাবে সময়ের ব্যবধান হয়? একটি গতিশীল বিমান ও একটি গতিশীল ট্রেনের মধ্যে স্থানকালের বক্রতার জন্য সময়ের ব্যবধান হয়। আইনস্টাইন আরো বলেন, স্থানকাল বাঁকা এবং মহাকর্ষও বাঁকা। কিন্তু এই বক্রতা কেন? মহাবিশ্ব ঘূর্ণনশীল বিধায় স্থানকাল বক্র হচ্ছে।

গতি বৃত্তীয় কীভাবে হয়? প্রতিমুহূর্তে উচ্চচাপ বনাম নিম্নচাপ সৃষ্টি হলে গতি বৃত্তীয় নিয়মে হয়। যানবাহনের ইঞ্জিনে ঘন ঘন উচ্চচাপ বনাম নিম্নচাপে বৃত্তীয় গতি সৃষ্টি হয়। যানবাহনের সাথে চক্র সংযোগ থাকে এবং এই চক্র বৃত্তীয় গতির পরিপূরক। উচ্চচাপ বনাম নিম্নচাপ বল প্রয়োগ করা হলে প্রতি মুহূর্তে গতি বেঁকে যায়। প্রত্যেক বেঁকে যাওয়া স্থলেই ত্বরণ গতির সৃষ্টি হয়। উচ্চচাপ থেকে নিম্নচাপে কীভাবে বৃত্তীয় গতি সৃষ্টি হয়, নিম্নে (চিত্র ৯) সেটা দেখানো হলো। বল প্রয়োগ আরো ঘন ঘন হলে গোলকটি মসৃণ বৃত্ত হবে।



চিত্র : ৯ বৃত্তীয় গতি

www.banglainternet.com

উপসংহারে বলা যায় আলোর প্রতিসরণ থেকে জানা গেল যে মাধ্যম পরিবর্তন হলে সকল গতি বেঁকে যায় এবং বারবার একই প্রক্রিয়া হলে বৃত্তীয় গতি সৃষ্টি হয়। আলোর প্রতিসরণ গোলকীয় গতি নির্দেশ করে। এটা প্রকৃতির এক অসামান্য উদাহরণ। সর্বত্র একই নিয়ম কার্যকরী হয়। বাস, ট্রেন, বিমান ইত্যাদি একই নিয়মে গতিশীল হয়। আলোর রৈখিক গতি সাময়িক এবং এটা গ্রিক রৈখিক জ্যামিতি দ্বারা প্রভাবিত যার কোনো ভিত্তি নেই। অপরদিকে গোলকীয় গতির উৎপত্তি, বিকাশ ও দর্শন রয়েছে। সকল গতি গোলকীয় নিয়মে হয়। গোলকীয় গতি প্রাকৃতিক নিয়ম বিধায় এটাকে উপেক্ষা করার কোনো অবকাশ নেই। এতো বছর ভিত্তিহীন রৈখিক গতি ব্যবহার করে বলবিজ্ঞান ও গণিতে জটিলতা সৃষ্টি হয়েছে। গোলকীয় বা বৃত্তীয় গতির সাথে সংগতি রেখে ঐক্যবদ্ধ সূত্র বিন্যাস করা হয়েছে (অধ্যায় ১০)।

References

1. Born, M., *Einstein's Theory of Relativity*, Dover Publications, Inc., New York 1965, P. 313, .18-19. West Edition, New Delhi, 1974, PP. 79-81.

www.banglainternet.com

ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া বেশি হয় কেন?
(Why Reaction is Greater than Action?)

ক্রিয়া এবং প্রতিক্রিয়া কী? ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া বেশি হয় কেন? প্রতিক্রিয়ার সাথে মহাকর্ষ প্রভাব কীভাবে যুক্ত হয়? কী কী উপাদান যুক্ত হয়ে অধিক প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করে? এখানে এই বিষয়গুলো নিয়ে আলোচনা হলো।

মানুষ যে অহরহ কাজ সম্পাদন করছে সেটাই ক্রিয়া। আর ক্রিয়া যখন বাধাপ্রাপ্ত হয় তখন প্রতিক্রিয়ার সৃষ্টি হয়। চিরায়ত বলবিজ্ঞানে ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া কখনো বেশি হয়, কখনো সমান হয়, কখনো মন্দন হয়। চিরায়ত বলবিজ্ঞানে গতি সম্পর্কিত বেশ কয়েকটি সূত্র রয়েছে। অন্যদিকে আইনস্টাইন বলেন, প্রকৃতির নিয়মগুলো সকল স্থানাঙ্ক বিধিতে অভিন্ন হবে (The laws of nature retain their same form in all coordinate systems. -Prakash, 1985)[1]। অর্থাৎ প্রকৃতির নিয়ম সকল স্থানাঙ্কে একই রকম হবে। তাই ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া কখনো সমান, কখনো বেশি এবং কখনো কম হতে পারে না। প্রকৃতির নিয়ম এবং আইনস্টাইনের সূত্র অনুসারে প্রতিক্রিয়া একটি অভিন্ন নিয়মে হবে। সেটা হচ্ছে ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া সর্বদাই অধিক হয়। এখানে সেটাই উপস্থাপন করা হয়েছে। আর গতির সূত্রগুলোর একটা ঐক্য হবে।

আদিকাল থেকে মানুষের ধারণা ছিলো ক্রিয়া করলে প্রতিক্রিয়া সমান হবে। কারণ প্রতিক্রিয়ার সাথে অতিরিক্ত বল যুক্ত না হলে প্রতিক্রিয়া অধিক হবে না। সেকালে প্রতিক্রিয়ার সাথে মহাকর্ষ প্রভাব যুক্ত হতে পারে বলে বিজ্ঞানীদের ধারণা ছিলো না। প্রাচীন গ্রিকদের ধারণা ছিলো পৃথিবী সমতল এবং স্থির। সেখানে মহাকর্ষ নেই। মহাকর্ষ প্রভাব না থাকায় তৎকালীন সময়ে ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সমান ধরা হয়েছিলো। নিউটন এমনি একটি ধারণার বশবর্তী হয়ে গতির তৃতীয় সূত্র দিয়েছিলেন এইভাবে, ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া সমান এবং বিপরীত। পদার্থবিজ্ঞানে এমন ধারণা রয়েছে যে মহাবিশ্বে মোট এনার্জি অটুট, কোথাও এনার্জি ব্যবহার হলে মোট এনার্জি ঠিক থাকে (Law of conservation of energy, states that the total quantity of energy in the universe is constant and can be neither created nor destroyed. -Abbott, 1997)[2]। কিন্তু আজকের দিনে জানা হয়ে গেলো যে মহাকর্ষ সর্বত্র বিরাজমান এবং মহাবিশ্বের সব কিছুকে প্রভাবিত করছে।

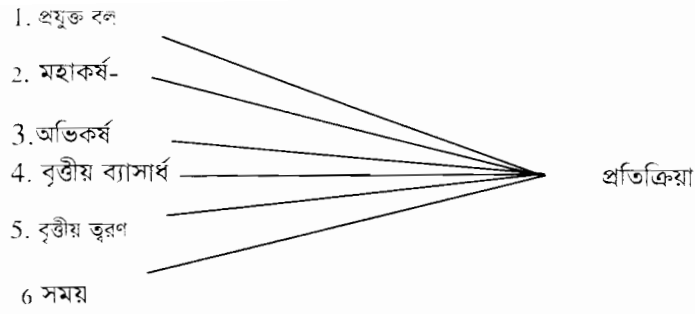
www.banglainternet.com

মহাকর্ষ সকল গতিকে প্রভাবিত করে, তাই প্রতিক্রিয়া অধিক হয়। গ্যালিলিও-নিউটনের যুগে এটা জানা ছিলো না যে মহাকর্ষ বিশ্বকে নিয়ন্ত্রণ করে এবং মহাকর্ষের ব্যাপক প্রভাব রয়েছে। তাই তাঁরা গতির সাথে মহাকর্ষ প্রভাব যুক্ত করতে পারেননি। তাই নিউটন গতির তৃতীয় সূত্রে উল্লেখ করেন যে প্রত্যেক ক্রিয়ার একটা সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া রয়েছে। তিনি ভরবেগের নিত্যতা সূত্র দিয়ে গতির তৃতীয় সূত্রটি প্রকাশ করেছিলেন যে 'ক্রিয়া এবং প্রতিক্রিয়া ভিন্ন অন্য কোনো বল না থাকলে' উল্লেখ আছে। অর্থাৎ ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া থেকে মহাকর্ষ প্রভাব বাদ দিয়েছেন। তাই গতির তৃতীয় সূত্রটির কার্যকারিতা আর নেই। আজকের জগত ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া বেশি—এই ধারণার মধ্যে চলে এসেছে।

বিশ্লেষণ করলে দেখা যায় চিরায়ত বলবিজ্ঞানের গতির দ্বিতীয় এবং তৃতীয় সূত্র পরস্পর বিপরীতধর্মী। গতির দ্বিতীয় সূত্রে ত্বরণের কথা বলা হয়েছে কিন্তু তৃতীয় সূত্রে ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সমান বলা হয়েছে। প্রকৃতির মধ্যে এমন বিপরীতধর্মী ধারণা হতে পারে না। আইনস্টাইনের মতে প্রকৃতির নিয়মগুলো সর্বত্র অভিন্ন হবে। গণিতের রৈখিক স্থানাঙ্ক (x, y, z)কে গোলকীয় স্থানাঙ্কে (r, θ, ϕ) পরিবর্তন করা হলে এবং সময় (t) যুক্ত করলে মহাকর্ষ প্রভাবে গতি গোলকীয় নিয়মে অগ্রসর হয় এবং গতির ত্বরণ আসে। এই সমীকরণ হবে ত্বরণ সমীকরণ। ত্বরণ সমীকরণে ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া বেশি হয়। আর নিউটনীয় সমীকরণকে শূন্য সমীকরণ ধরা হয়। শূন্য সমীকরণে ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সমান হয়। শূন্য সমীকরণ মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রের জন্য প্রযোজ্য এবং ত্বরণ সমীকরণ মহাকর্ষ ক্ষেত্রের জন্য প্রযোজ্য (অধ্যায় ৫, ১২)।

গোলকীয় গতির ক্ষেত্রে ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া বেশি হয়। গোলকীয় গতিতে যান্ত্রিক সুবিধা রয়েছে। ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া বেশি– এই কৌশলেই মহাকর্ষ মহাবিশ্বকে নিয়ন্ত্রণ করছে। আজকের দিনে এই ধারণাকে সমুন্নত রাখতে হবে। মহাকর্ষ এই মহাবিশ্বের প্রতিটি বস্তুকণার উপর প্রভাব বিস্তার করছে। প্রতিটি ক্রিয়াকর্মের উপর মহাকর্ষ প্রভাব ফেলছে। মহাকর্ষের প্রভাব থেকে কেউ মুক্ত নন (This force is universal, that is, every particle feels the force of gravity, according to its mass or energy. –Hawking, 1988)[3]। ঊর্ধ্বাকাশ থেকে কোনো বস্তুর পতনকালে অভিকর্ষ ক্রমান্বয়ে অধিক প্রভাব বিস্তার করে। একই ভাবে অভিকর্ষের প্রভাবের ফলে প্রতিক্রিয়া অধিক হয় এবং গতি বৃত্তীয় হয়। গতি বৃত্তীয় হলে এক সাথে ছয়টি উপাদান যুক্ত হয়। এ উপাদানগুলো হচ্ছে প্রযুক্ত বল, মহাকর্ষ বল, অভিকর্ষ বল, ব্যাসার্ধ বল, বৃত্তীয় ত্বরণ ও সময়জনিত প্রভাব। প্রতিক্রিয়ার সাথে কীভাবে এসব উপাদান যুক্ত হয়ে ত্বরণ গতি সৃষ্টি করে নিম্নে (চিত্র ১০) সেটা দেখানো হলো—

www.banglainternet.com



চিত্র : ১০ ক্রিয়া থেকে প্রতিক্রিয়া যেভাবে বৃদ্ধি পায়

উপরের চিত্রে (চিত্র ১০) দেখানো হয়েছে যে ছয়টি উপাদান একত্রে মিলিত হয়ে প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করে। চিরায়ত বলবিজ্ঞানে গতির দ্বিতীয় সূত্রে কীভাবে ত্বরণ আসে সে সম্পর্কে কোনো আভাস ইঙ্গিত নেই কিন্তু সে সম্পর্কে নির্দেশনা থাকার দরকার ছিলো। চিরায়ত বলবিজ্ঞানে তৃতীয় সমীকরণে বেগ (v) স্থলে গতির দ্বিতীয় সমীকরণের বেগ $v = (u+ft)$ বসিয়ে ত্বরণ বের করা হয়। এই ধরনের সমীকরণের কোনো ব্যাখ্যা নেই। এটা আসলে মহাকর্ষীয় ত্বরণ। নিউটনের জড় জগৎ ছিলো সমতলীয়। সমতলীয় জগতে মহাকর্ষ প্রভাব নেই। তাই সমতলীয় জগতে বল প্রয়োগ করা হলে ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সমান হয়। সমতলীয় জগতে গতির ত্বরণ সৃষ্টি হয় না। গতির দ্বিতীয় সূত্রে কৌশলে ত্বরণ সৃষ্টি করা হয়েছে। তাতে কোনো বৈধ যুক্তি নেই।

নিউটন জড় বলের তিনটি সূত্র দিয়েছেন। এই সূত্রগুলোকে জড়তার সূত্র (Law of inertia) বলে। আবার নিউটন মহাকর্ষ সূত্র আলাদাভাবে দিয়েছেন। এই মহাকর্ষ সূত্র দ্বারা মহাবিশ্ব যে নিয়ন্ত্রিত হয় সেটা উল্লেখ নেই। গতির সূত্রগুলো আলাদাভাবে না হয়ে একটি অভিন্ন মহাকর্ষ সূত্র হবে। সেটাই ঐক্যবদ্ধ সূত্র। এই চিন্তাধারা আইনস্টাইনের মধ্যে কিছুটা কাজ করেছিলো কিন্তু সমস্যার সমাধান হয়নি। আইনস্টাইনের ব্যর্থতা অন্যকে প্রচেষ্টা চালানোর জন্য প্রলুব্ধ করেছে। এখানে গতি জগতে ঐক্যবদ্ধ সূত্র উদ্ভাবনের ফলে পদার্থবিজ্ঞান ও গণিতের সূত্রগুলোর সমন্বয় সম্ভব হলো।

নিউটন গতির তৃতীয় সূত্রে প্রচার করেন, প্রতিক্রিয়াশীল বাহ্য বলের লব্ধি শূন্য হয় (The resultant force on a body would always be zero. -Resnick and Halliday, 1966)[৭] অর্থাৎ ক্রিয়া এবং প্রতিক্রিয়া সমান। কিন্তু আইনস্টাইন বিশেষ আপেক্ষিকবাদে প্রকাশ পায় যে প্রতিক্রিয়াশীল বলের লব্ধি কখনো শূন্য নয়, লব্ধির সর্বদাই ত্বরণ বা মন্দন হয় (The resultant force on a body can never be

www.banglainternet.com

zero and it is always in the form of acceleration or retardation. -Tajuddin and Biswas, 2005)[5]। এটা ঐক্যবদ্ধ মতবাদে গতি জগতের নীতি নির্দেশক। এই নীতিকে উপেক্ষা করার কোনো অবকাশ নেই। চিরায়ত বলবিজ্ঞানে বলকে ভরবেগের পরিবর্তনের হার রূপে চিহ্নিত করতে পারলেও আপেক্ষিকবাদে বল, ভর ও ত্বরণের গুণফলের সমান নয়, সর্বদাই বেশি। আবার এই অন্তরীকরণ $v\frac{dm}{dt}$ কখনও সমান নয় বা শূন্য নয়। আইনস্টাইন নিজের অলক্ষে বিশেষ আপেক্ষিকবাদে ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া বেশি অনুভূতি প্রকাশ করেছেন।

আইনস্টাইনের সার্বিক আপেক্ষিকবাদ অনুসারে পদার্থবিজ্ঞানের মৌলিক নীতিগুলো সকল জড় কাঠামোতে অভিন্ন নিয়মে কাজ করে (According to general theory of relativity all systems of reference are equivalent with respect to the formulation of fundamental laws of physics. -Moller, 1966)[6]। বিজ্ঞানের সকল শাখায় একই মৌলিক নীতি কাজ করে। এখানে প্রতিটি জড়, জীব, মৌল ও যৌগ তার নিজ পরিমণ্ডলে বিরাজমান। গতির জগতে সবাই নিজ পরিমণ্ডলে স্বাধীনভাবে বৃত্তীয় নিয়মে কাজ করে। সকলেই নিজ ক্ষেত্রে রুটিনমাফিক কাজ সম্পাদন করে। এই গোলক পরিবেশে একে অন্যের কাজে হস্তক্ষেপ করে না। এখানে গতি বৃত্তীয় নিয়মে চলে। এই কারণেই বিশ্বজগৎ সুশৃঙ্খল। বৃত্তীয় গতি সর্বদাই ত্বরণ সম্পন্ন হয়।

প্রকৃতির নিয়ম অনুসারে ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া কখনও সমান হতে পারে না। ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সমান হলে কর্তা কাজ করার আগ্রহ হারিয়ে ফেলবে, কাজ করে যদি অধিক ফল লাভ না হয় তবে কর্তা কাজ করবে কেন? বিশ্বজগতের নিয়ম অনুসারে কর্তা ক্রিয়া করে কর্মফল পায় অনেক বেশি। ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সমান হলে মানুষের কর্মস্পৃহা থাকবে না, মানুষ কাজ করবে কেন? মানুষের কাজের আগ্রহ থাকবে কীভাবে? সমাজ বিজ্ঞানের দৃষ্টিকোণ থেকে প্রমাণ করা যায়, ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সমান নয়, সমান হতে পারে না বরং ঢের বেশি। কাজের প্রতিফলন সমান না হয়ে, অনেক বেশি হয়। মানুষ ব্যবসা-বাণিজ্যে অর্থ খরচ করে অনেক বেশি মুনাফা পায়। অর্থনীতির ক্ষেত্রে মুনাফা বৃদ্ধি না হলে অর্থনীতি অচল হয়ে পড়ে। কৃষক মাঠে বীজ বপন করে অনেক বেশি ফলন পায়। মাতা-পিতা সন্তানসন্ত তি লালনপালন করে কষ্টের অনেক বেশি আত্মতৃপ্তি পায়।

আঘাত করে যদি প্রতিঘাত সমান আসে তবে আঘাতকারী আঘাত করবে কেন? সুখের অনুভূতি ও ব্যথিতের বেদনা সমান নয়। অন্যায় যে করে আর অন্যায় যে সহে দুজনের কর্ম সমান নয়। অন্যায়কারী অন্যায় করে অধিক তৃপ্তি লাভ করে। জয়ী বিজিতদের উপর লাভবান হয়। আক্রমণকারী আক্রান্তকে নিঃশেষ করে দেয়। গান গেয়ে গায়ক, নৃত্য করে নর্তক, নাটক করে নট ও অভিনয় করে অভিনেতা

www.banglainternet.com

অধিক তৃপ্তি পায়। সকল কর্মে কর্মী অধিক ফল পায় ও তৃপ্তি লাভ করে। এটা প্রাকৃতিক নিয়ম এবং গাণিতিকভাবে প্রমাণ করা যায়। প্রাকৃতিক নিয়ম অমান্য করলে অগ্রগতি ব্যাহত হয়। ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সমান করা প্রাকৃতিক নিয়মের বিরুদ্ধ কাজ। মজার ব্যাপার হলো, প্রাকৃতিক নিয়ম পদার্থবিজ্ঞানে যথাযথ প্রতিফলিত হচ্ছে না।

উপসংহারে বলা যায়, বল সর্বদাই মহাকর্ষ প্রভাবে বৃত্তীয় নিয়মে কাজ বলে ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া অধিক হয়। কারণ গ্রহ-উপগ্রহের বৃত্তীয় ঘূর্ণন, যানবাহন চক্রে ঘূর্ণন এবং কল-কারখানার মটর বৃত্তীয় ঘূর্ণন হয়। প্রাণীদের সকল ক্রিয়াকর্ম মহাকর্ষ প্রভাবে বৃত্তীয় নিয়মে হয়। বৃত্তীয় নিয়মে বল প্রয়োগ করায় যান্ত্রিক সুবিধা সৃষ্টি হয়। আর সকল কর্মেই যান্ত্রিক সুবিধা থাকে। তাই নির্দ্বিধায় বলা যায়, সকল কর্মে ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া বেশি হয়।

References

1. Prakash, S., *Relativistic Mechanics*, Pragati Prakashan, Meerut. 1985 P. 363.
2. Abbott, A. F., *Physics*, Fifth Edition, Heinemann Education, Oxford, London 1989, P. 82, 128.
3. Hawking, S. W., *A Brief History of Time*, Bantam Books, New York, London 1993, P. 74.
4. Resnick, R., and Halliday, D., *Physics, Part-1*, Wiley Eastern Limited, New Delhi, 1966, P 87
5. Tajuddin and Biswas, M. H. A., *Unification of the Theory of Albert Einstein by Cyclic Theory*. Asian J. Inform. Tech., 4(10) : 962-970, 2005.
6. Moller, C., *The Theory of Relativity*, Oxford University Press 1966. P. 220

www.banglainternet.com

গ্যালিলিও কি ভুল করেছিলেন : এই ভুলের ব্যাপ্তি কতটুকু?

(What was the Wrongness of Galileo)

এ্যারিস্টটলের জ্যোতির্বিদ্যার বিষয়বস্তু কী ছিলো? গ্যালিলিওর পড়ন্ত বস্তুর সূত্রাবলি কী? গ্যালিলিওর সূত্রাবলিতে মহাকর্ষ প্রভাব ছিলো কি? গ্যালিলিও পড়ন্ত বস্তুর সূত্রে কী ভুল করেছিলেন। এই ভুলের ব্যাপ্তি কতটুকু? এই সূত্র কীভাবে পদার্থবিজ্ঞান ও গণিতের উন্নয়নে বাধা সৃষ্টি করেছে। এই সূত্র কি সংশোধনের প্রয়োজন আছে? এ বিষয়গুলো এখান থেকে জানা যাবে।

গ্রিক দার্শনিক এ্যারিস্টটল মানুষের জ্ঞান ও চিন্তার জগতে এক নতুন দিগন্তের দ্বার উন্মোচন করেছিলেন। কিন্তু জ্যোতির্বিদ্যার ক্ষেত্রে এ্যারিস্টটলের অধিকাংশ মতামত ছিলো ভ্রান্ত, যা মানুষের জ্ঞানের জগতে অন্ধকার যুগ নেমে এসেছিলো। এ্যারিস্টটলের ধারণা ছিলো পৃথিবী স্থির এবং মহাবিশ্বের কেন্দ্রস্থলে অবস্থিত। পৃথিবীকে কেন্দ্র করে চন্দ্র সূর্য গ্রহ তারা আবর্তন করছে। চাঁদের নিজস্ব আলো আছে। ভারী ও হালকা বস্তু উপর থেকে ফেলা হলে, ভারী বস্তুটি আগে পড়বে। বহু বছর পর গ্যালিলিও প্রমাণ করেন যে পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘোরে, আর বায়ুশূন্য স্থানে ভারী ও হালকা বস্তু উপর থেকে ফেলা হলে দুটো বস্তু সমগতিতে ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হয়।

সপ্তদশ শতাব্দীতে ইতালির বিজ্ঞানী ছিলেন গ্যালিলিও। তিনি এ্যারিস্টটলের জ্যোতির্বিজ্ঞান সম্পর্কিত অনেক ভুল ধারণা সংশোধন করেছিলেন। তিনি এ্যারিস্টটলের ভুল সংশোধন করতে গিয়ে নিজে অন্য ধরনের ভুল করেছেন– পড়ন্ত বস্তুর সূত্র সঠিকভাবে দিতে পারেননি। একটি অধিক ভর বিশিষ্ট বস্তু এবং একটি কম ভর বিশিষ্ট বস্তু উপর থেকে ফেলা হলে সমগতিতে পড়বে কেন? এটার ব্যাখ্যা না দিয়ে পড়ন্ত বস্তুর সূত্র প্রদান করা হলে সেটাতো ভুল হবেই। এটা ছিলো সূক্ষ্ম ভুল, যা চার শত বছর বিজ্ঞানীদের চোখ এড়িয়ে গেছে কিন্তু এটার প্রভাব ব্যাপক। এসব ভুল সূত্র বিজ্ঞান ও গণিত জগতে বিপর্যয় ডেকে এনেছে। পড়ন্ত বস্তুর সূত্রের ভুলের জন্য নিউটনের চিরায়ত বলবিজ্ঞানে জড়তার সূত্র এবং মহাকর্ষ সূত্র আলাদাভাবে চলে এসেছে। আইনস্টাইন গতানুগতিকভাবে সমতুল্য নীতিতে একই

www.banglainternet.com

ধারণা গ্রহণ করেছিলেন যে উপর থেকে সকল বস্তু সমগতিতে পতিত হয় (Principle of equivalence implies that different massess fall at the same rate. –Good, 1974)[1]। তাই বলা যায় সমতুল্য নীতির ধারাবাহিকতা গ্যালিলিওর বিজ্ঞানচর্চা থেকে শুরু হয়। গ্যালিলিও জড়তার সূত্র এবং মহাকর্ষ সূত্রকে নিজের অজান্তে আলাদা বিবেচনা করে পড়ন্ত বস্তুর সূত্র প্রদান করেছিলেন। বিংশ শতাব্দীতে মহাকর্ষ ভর ও জড় ভরের সমতা নিয়ে বুডাপেস্টের রোনাল্ড ইয়টভস, প্রিন্সটন বিশ্বদ্যিালযের রবার্ট ডিকি এবং মস্কোর ইগোর ব্রিজিনস্কি যেসব পরীক্ষা চালিয়েছিলেন তাতে সঠিক সিদ্ধান্তে আসতে পারেননি। সেটাও ছিলো বিজ্ঞান জগতে এক বিরাট বিপর্যয়। বিপর্যয়টি হলো পদার্থবিজ্ঞান ও গণিতে জড় জগৎ এবং মহাকর্ষ জগৎ আলাদাভাবে রয়েছে অর্থাৎ জড়তার সূত্র ও মহাকর্ষ সূত্র আলাদাভাবে দেয়া হয়েছে। বাস্তবে দুটো জগৎ অভিন্ন। বিভক্ত জগতের সাথে সম্পৃক্ত অনেক বিষয় একত্রে সমন্বয় করা যাচ্ছে না। বিজ্ঞান ও গণিতের সূত্রগুলোতে মহাকর্ষ প্রভাব রয়েছে বিধায় এদের সমন্বয় প্রয়োজন (অধ্যায় ১৩, ১৪)। গ্যালিলিও কীভাবে পিসার হেলানো গম্বুজ থেকে পড়ন্ত বস্তুর গবেষণা চালিয়ে প্রতিকূল সিদ্ধান্তে এসেছিলেন এবং নিজের অজ্ঞাতসারে বিজ্ঞান জগতে বিভ্রাট সৃষ্টি করেছেন, এখানে তার বর্ণনা দেয়া হলো।

গ্যালিলিও পিসার হেলানো গম্বুজের তলে দুটো গোলাকৃতি বস্তু একটি বড় ও একটি ছোট নিচে গড়িয়ে পড়ার জন্য ফেলেছিলেন। তাতে দেখা গেল দুটো বস্তুই সমগতিতে এবং যুগপৎ নিচে পতিত হয়েছে। এখানে সমগতি (Equal Rapidity) শব্দটি মারাত্মক প্রমাণিত হয়েছে এবং পদার্থবিজ্ঞানে বিপর্যয় ডেকে এনেছে। এই পরীক্ষা থেকে গ্যালিলিও পড়ন্ত বস্তুর তিনটি সূত্র রচনা করেছিলেন। তার মধ্যে প্রথম সূত্রটি হলো : বায়ুশূন্য স্থানে সকল বস্তু স্থির অবস্থান থেকে সমগতিতে পতিত হয় (In vacuum all bodies, starting from rest, fall with equal rapidity. –Shaha, 1973)[2]। তখনকার দিনে বিজ্ঞানীগণ মহাকর্ষের ব্যাপক প্রভাব সম্পর্কে জানতেন না। তাই পড়ন্ত বস্তুর সূত্রে মহাকর্ষের প্রভাব সংযুক্ত হয়নি। মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে কোনো বস্তুর পতন হবে না, কারণ সেখানে মহাকর্ষের আকর্ষণ নেই কিন্তু মহাকর্ষ ক্ষেত্রে সকল বস্তুর পারস্পরিক আকর্ষণের জন্য পতন হবে।

বায়ুশূন্য স্থানে বস্তু কেন সমগতিতে পড়বে? এখানে বস্তুর সমগতিতে পতন সম্পর্কে দুটো প্রশ্ন উত্থাপিত হচ্ছে। মহাকর্ষ কি সকল বস্তুকে ভর নির্বিশেষে সমভাবে আকর্ষণ করে? মহাকর্ষ সকল বস্তুকে কি ভর অনুপাতে আকর্ষণ করে? প্রথমত, মহাকর্ষ সকল বস্তুকে সমভাবে আকর্ষণ করলে সকল বস্তুর ভর সমান হবে কিন্তু সকল বস্তুর ভর সমান নয়। দ্বিতীয়ত, যদি মহাকর্ষ সকল বস্তুকে ভর অনুপাতে আকর্ষণ করে তবে সকল বস্তু সমগতিতে এবং যুগপৎ পতিত হবে এবং তাদের ভরও পার্থক্য হবে। দ্বিতীয় যুক্তিটি সত্য বলে বিবেচিত। কারণ মহাকর্ষ দুটো

www.banglainternet.com

বস্তুকে ভর অনুপাতে আকর্ষণ করে বলে দুটো বস্তু সমগতিতে পতিত হয়। এ ধারণাটি একই সমতলে মহাকর্ষ ভর ও জড় ভর সমান—এ বক্তব্যের সাথে সম্পর্ক যুক্ত। বস্তু ভর সাপেক্ষে জড় ভর প্রাপ্ত হয় বলে এই অনুপাতকে সমগতি না ধরে সমানুপাতিক গতিতে (Proportional Rapidity) পতন ধরতে হবে। এখানে গ্যালিলিও দুটি পড়ন্ত বস্তুর গতি পরস্পর তুলনা করে সমগতির ধারণা সূত্রাবদ্ধ করেছেন। কিন্তু মহাকর্ষের প্রভাব বিবেচনায় আনা হয়নি। এটাই ছিলো গ্যালিলিওর ভুল এবং এই ভুলের প্রভাব ছিলো সুদূরপ্রসারী। দুটো পড়ন্ত বস্তুর তুলনা করতে মহাকর্ষের প্রভাবকে বিবেচনায় আনতে হবে। মহাকর্ষ প্রভাবের জন্য সমগতির পরিবর্তে সমানুপাতিক গতিতে বস্তুর পতন ধরতে হবে। কারণ মহাকর্ষ স্থির বস্তুকে ভর প্রদান করে এবং পতনশীল ও গতিশীল বস্তুকে ভরবেগ প্রদান করে (By gravitation static body stands to mass and moving body stands to acceleration. –Tajuddin & Others, 2008)[১]। সুতরাং গ্যালিলিওর পড়ন্ত বস্তুর প্রথম সূত্রটি এভাবে সংশোধনযোগ্য, বায়ুশূন্যস্থানে সকল বস্তু স্থির অবস্থান হতে বস্তুর ভরের উপর মহাকর্ষের সমানুপাতিক প্রভাবের দরুণ সমগতিতে পতিত হয়।

দ্বিতীয় প্রশ্নের স্বপক্ষে আরো কিছু ধারণা যুক্ত হলো, প্রথমত একই দেশকালে বস্তুর মহাকর্ষ ভর ও জড় ভর সমান হয় কিন্তু বিভিন্ন দেশকালে এরা সমান নয়। একই দেশকাল বলতে একই সমতল বোঝানো হয়। তাই মহাকর্ষ ধ্রুবক সর্বজনীন নয়। প্রত্যেক দেশকালে মহাকর্ষ ধ্রুবক এবং বস্তুর মহাকর্ষ ভর ও জড় ভর সমানুপাতিক হয়। দ্বিতীয়ত বস্তুর ভর মহাকর্ষ কর্তৃক আকর্ষণের সমানুপাতিক। বস্তু মহাকর্ষ হতে ভর প্রাপ্ত হয়। তাই বস্তুর মহাকর্ষ ভর ও জড় ভর সমানুপাতিক। তৃতীয়ত মহাকর্ষ সকল বস্তুকে ভর অনুপাতে বাঁকিয়ে দেয়। মহাকর্ষ অধিক ভর বিশিষ্ট বস্তুকে বেশি বাঁকায় এবং কম ভর বিশিষ্ট বস্তুকে কম বাঁকায়। দূর পাল্লার অধিক ভর এবং কম ভর বিশিষ্ট বস্তুর মধ্যে গতির পার্থক্য হতে পারে। উদাহরণ, অধিক ভর বিশিষ্ট গ্রহগুলো সূর্যের নিকটে অধিক বেগে বৃত্তীয় নিয়মে ঘূর্ণনশীল এবং কম ভরবিশিষ্ট গ্রহগুলো ক্রমান্বয়ে দূর দিয়ে কম বেগে ঘূর্ণনশীল।

উপসংহারে বলা যায়, মহাকর্ষ সকল বস্তুর উপর ভরের সমানুপাতিক প্রভাব বিস্তার করে। তাই বায়ুশূন্য স্থানে সকল বস্তু সমগতিতে পতিত হয়। গ্যালিলিওর পড়ন্ত বস্তুর সূত্রে মহাকর্ষ প্রভাব বিবেচনায় আনা হয়নি। তাই গ্যালিলিওর পড়ন্ত বস্তুর সূত্র ভুল প্রমাণিত হয়েছে। এ ভুলের প্রভাব ব্যাপক। গ্যালিলিওর পড়ন্ত বস্তুর সূত্র অনুকরণ করে নিউটন চিরায়ত বলবিজ্ঞান রচনা করেছিলেন এবং আইনস্টাইন সমতুল্য নীতি রচনা করেছিলেন। ফলে বলবিজ্ঞান ও গণিত জগৎ ভুলে নিমজ্জিত হলো। আবার বিংশ শতাব্দীর বিজ্ঞানী ইয়টভস, ডিকি ও ব্রিজিনস্কি মহাকর্ষ ভর ও জড় ভরের সমতা পরীক্ষা দ্বারা এই ভুলের স্বীকৃতি দিয়েছেন। ফলে বর্তমান পদার্থবিজ্ঞান ও গণিত ভুল পথে পরিচালিত। ভুল তত্ত্ব মানবজাতিকে বিপর্যয়ের

www.banglainternet.com

দিকে ঠেলে দিচ্ছে। গ্রিকদের রৈখিক জ্যামিতি, গ্যালিলিওর পড়ন্ত বস্তুর সূত্র, নিউটনের দ্বিধা বিভক্ত বিশ্ব ও আইনস্টাইনের সমতুল্য নীতি—এসব ভুল তত্ত্ব নতুন আঙ্গিকে সংশোধন করতে হবে। চিরায়ত বলবিজ্ঞানকে ডিঙানোর একটি মাত্র পথ আছে, সেটা হলো ঐক্যবদ্ধ মতবাদ (অধ্যায় ১০)।

References

1. Good, R. H., *Basic Concepts of Relativity*, East-West Press Pvt. Ltd. New Delhi, 1974, P. 80-81
2. Shaha, K. M. & Pramanik, N. U., *A Text-Book of Physics*, Mullick Brothers: Dhaka, 1973, P. 112
3. Tajuddin & Others, *Review of the Theory of Relativity*, Journal of Applied Sciences Research, 4(1) : 32-39, 2008.

www.banglainternet.com

সোয়ার্জচাইল্ড ব্যাসার্ধ : পদার্থবিজ্ঞান ও গণিতে এটার প্রয়োজন কেন?

(Schwarzschild's Radius)

সোয়ার্জচাইল্ড কে ছিলেন? তিনি কীভাবে গণিতে অবদান রেখেছিলেন? তিনি বুধ গ্রহের বৃত্তীয় গতির অনুসুরের অগ্রগমন কীভাবে পরিমাপ করেন? সোয়ার্জচাইল্ড ব্যাসার্ধ কী? সোয়ার্জচাইল্ড ব্যাসার্ধ গণিতে প্রয়োজন কেন? এ বিষয়গুলো সম্পর্কে আলোচনা হলো।

সোয়ার্জচাইল্ড ছিলেন একজন গণিতবিদ, যিনি আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সূত্র সমাধান করে খ্যাতি অর্জন করেন। অনেক গণিতবিদ আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সমীকরণ সমাধানের জন্য এগিয়ে এসেছিলেন। কিন্তু আইনস্টাইন সোয়ার্জচাইল্ডের সমাধান গ্রহণ করেছিলেন। তাতে বোঝা যায় আইনস্টাইনের দর্শন সোয়ার্জচাইল্ড সমীকরণে প্রতিফলিত হয়েছে। তিনি আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সূত্রকে সংশোধন করে বুধ গ্রহের অনুসুরের অগ্রগমন পরিমাপ করেছিলেন। সোয়ার্জচাইল্ড সমাধান থেকে আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সূত্রের দোষ-ত্রুটি সম্পর্কে জানা যায়। তথাপিও সোয়ার্জচাইল্ড সমীকরণ মহাকর্ষ সূত্র হিসেবে স্বীকৃতি পায়নি। আইনস্টাইনের ভ্রমাত্মক সমীকরণই গতানুগতিকভাবে মহাকর্ষ সমীকরণ হিসেবে চলে এসেছে। সোয়ার্জচাইল্ড বুধ গ্রহের বৃত্তীয় গতির অনুসুরের অগ্রগমনের পরিমাপের জন্য কনিক জ্যামিতির উপবৃত্তীয় সূত্র ব্যবহার করেছিলেন। এখানে নাভি লম্ব (Latus rectum) ব্যাস হিসেবে প্রয়োগ করেছেন। সেখান থেকেই সোয়ার্জচাইল্ড ব্যাসার্ধ সৃষ্টি হয়। কৌণিক ভরবেগ নিয়মে বৃত্তীয় গতির হিসেবে ব্যাসার্ধ যুক্ত থাকে। আরো যুক্ত থাকে প্রযুক্ত বল, মহাকর্ষ, অভিকর্ষ, বৃত্তীয় ব্যাসার্ধ, বৃত্তীয় ত্বরণ ও সময়। বৃত্তীয় গতি ক্রিয়াশীল হলে যান্ত্রিক সুবিধা সৃষ্টি হয় ও ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া বেশি হয়। এইভাবে বৃত্তীয় গতির সাথে গতির সব উপাদান মিলিত হয়ে ঐক্যবদ্ধ গতি সৃষ্টি করে। আর এই ঐক্যবদ্ধ বিধি হচ্ছে ঐক্যবদ্ধ সূত্র।

সোয়ার্জচাইল্ড তাঁর সমীকরণে বৃত্তীয় গতির উপাদানগুলো আইনস্টাইন থেকে ভিন্নভাবে উপস্থাপন করেছেন। তিনি এই সমীকরণ রচনা করে আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সূত্রকে সংশোধন করেছেন। তৎকালীন যুগে ঘুর্ণনগতি বা বৃত্তীয় গতির

www.banglainternet.com

সঠিক ব্যাখ্যা ছিলো না। অর্থাৎ বৃত্তীয় গতির সাথে কী কী উপাদান থাকবে, সেটা উদঘাটন করা হয়নি। তাতে করে সূত্রটির ব্যাপক স্বীকৃতি পায়নি। জটিল উপাদানের জন্য এই সূত্রটি পাঠকের পক্ষে অনুধাবন করা সহজ সাধ্য ছিলো না। আইনস্টাইন তখন জীবিত ছিলেন কিন্তু সোয়ার্জচাইল্ডের ব্যাখ্যা অনুসারে আইনস্টাইন মহাকর্ষ সমীকরণটি সংশোধন করেননি। হকিং বলেন, ঊনবিংশ ও বিংশ শতাব্দীতে দার্শনিক বা পাঠকদের জন্য বিজ্ঞান খুবই প্রযুক্তিগত ও গণিত ভিত্তিক হয়েছিলো, যা বিশেষজ্ঞ ছাড়া বোঝা সম্ভব ছিলো না (In the nineteenth and twentieth centuries, science became too technical and mathematical for the philosophers or anyone else except a few specialists-Hawking,1988)[1]। ফলে বিজ্ঞান ও গণিত পাঠকদের কাছে দুর্বোধ্য হয়ে পড়ে। আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সমীকরণ কঠিন হওয়ার পেছনে কারণ হলো তিনি পূর্বেকার কয়েকজন গণিতবিদের গাণিতিক ধারা অব্যাহত রেখেছিলেন। এ সব গণিতবিদ হলেন রীম্যান, ক্রিস্টোফেল, রিচি, বিয়ানকি প্রমুখ। তাঁদের অব্যাহত ধারায় গোলকীয় গতি সংযোজনের প্রচেষ্টা ছিলো কিন্তু এটা সঠিক নিয়মে ছিলো না। তাই আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সূত্র জটিল এবং ত্রুটিপূর্ণ হয়েছে। আবার সোয়ার্জচাইল্ড বহিঃসমাধানও জটিল হয়েছে কারণ তিনি এখানে মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে মূল সমীকরণের সাথে রেখ উপাধান (x, y, z) এবং গোলকীয় স্থানাঙ্ক (r, θ, ϕ) যুক্ত করেন। তারপর গোলকীয় জ্যামিতির সাথে সময় যুক্ত করে গোলকীয় গতিতে রূপান্তর করেন। এই ভাবে আরো কিছু উপাদান যুক্ত করে জ্যামিতিকে জটিলতর করা হয়েছে এবং সাধারণ পাঠক থেকে বিচ্ছিন্ন করা হয়েছে। ফলে টেন্সর জ্যামিতির প্রতি শিক্ষার্থীদের অনীহা সৃষ্টি হয়েছে। এইসব কারণে গণিত দুর্বোধ্য হয়েছে। শিক্ষার্থীগণ উচ্চতর গণিতের ভাষা না বুঝে দায় সারাভাবে সমাধান করছে। তাই গোলকীয় স্থানাঙ্ক এবং টেন্সর জ্যামিতির পাশাপাশি প্রতিটি সংকেতের পরিভাষা দিতে হবে এবং জ্যামিতির মাধ্যমে কী বোঝানো হয়েছে সেটাও উল্লেখ করতে হবে। রৈখিক স্থানাঙ্ককে গোলকীয় স্থানাঙ্ক এবং গোলকীয় স্থানাঙ্কের সাথে সময়যুক্ত করে গোলকীয় গতি সৃষ্টি করা হয়েছে। এভাবে এক অসাধ্য সাধন করা হয়েছে। আবার বৃত্তীয় গতি রৈখিক নিয়মে প্রকাশ পায়। ঐক্যবদ্ধ মতবাদে এটা জানা হয়ে গেছে। বৃত্তীয় গতি প্রকৃতির আদি নিয়ম। সকল গতি বৃত্তীয় গতিতে প্রকাশ পায়। গতির সবগুলো উপাদান বৃত্তীয় গতির সাথে যুক্ত। এই বৃত্তীয় গতির সূত্রই হচ্ছে ঐক্যবদ্ধ সূত্র (অধ্যায় ২, ৮)।

বহিঃসমাধান এবং অন্তঃসমাধান

সোয়ার্জচাইল্ড বহিঃসমাধান এবং অন্তঃসমাধান দিয়ে আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সূত্র ব্যাখ্যা করেছেন। কিন্তু একই সমীকরণের দুই বিপরীতধর্মী ব্যাখ্যা হয় না। সোয়ার্জচাইল্ড মহাকর্ষ সূত্রে মহাশূন্য জগৎ এবং পার্থিব জগতের মধ্যে দ্বন্দ্ব সৃষ্টি

www.banglainternet.com

করেছেন। মহাশূন্য জগৎ বহিঃসমাধানে প্রতিফলিত হয়েছে এবং পার্থিব জগৎ অন্তঃসমাধানে প্রতিফলিত হয়েছে। আইনস্টাইনের মহাশূন্য জগৎ হচ্ছে ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ফিল্ডে এবং পার্থিব জগতের বাইরে অবস্থিত (This is empty space without electromagnetic field and without matter.–Hawking, 2007)[2]। আসলে এমন কোনো জগৎ নেই। এই ধরনের মহাশূন্য জগৎ হচ্ছে আইনস্টাইনের কল্পনা প্রসূত। মহাবিশ্বে কোথাও এই ধরনের মহাশূন্য নেই। এই ধারণা আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সমীকরণকে নিউটনীয় 'পরম স্থান ও পরম কাল' ধারণায় নামিয়ে দিয়েছে এবং মহাকর্ষ সমীকরণকে অকার্যকর করে দিয়েছে।

আবার সোয়ার্জচাইল্ড সমাধানের দুটো বৈশিষ্ট্য রয়েছে। প্রথম বৈশিষ্ট্য হলো উভয় সমাধানে শূন্য টেন্সর হয়। আইনস্টাইন টেন্সর শূন্য টেন্সরে রূপ নিয়েছিলো। শূন্য টেন্সর ধারণা নিউটনীয়। এখানে ($r = 0$) মানে r হচ্ছে ব্যাসার্ধ এবং ক্রিয়া প্রতিক্রিয়ার সমান। নিউটনীয় সূত্র অনুসারে মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে বল প্রয়োগ করা হলে গতি রৈখিক গতি হয় এবং ক্রিয়া প্রতিক্রিয়া সমান হয়। যদিও এই ধারণা সঠিক ছিলো না।

সোয়ার্জচাইল্ডের অলক্ষে বহিঃসমাধানে দ্বিতীয় বৈশিষ্ট্য প্রকাশ পেয়েছে। এটা হলো মহাশূন্য ক্ষেত্রে $r > 2m$, এখানে r ব্যাসার্ধ বল এবং m ভর, যেখানে মহাকর্ষ ব্যাসার্ধের সাথে জড় ভরকে নিয়ন্ত্রণ করে। এটা ত্বরণ টেন্সর এবং বহিঃসমাধানে ব্যবহার হয়েছে। এখানে r ব্যাসার্ধ এবং 2m ভরকে ধ্রুবক হিসেবে ধরা হয়েছে। এই ভর একটা বিক্ষিপ্ত কণা যেটা সূর্যের চারদিকে ঘূর্ণনশীল এবং যার r ব্যাসার্ধ ক্ষমতা 2m ভর থেকে অধিকতর (Whose radius must be greater than 2m, –Prakash, 1985, Ali, 2006)[3, 4]। এখানে r ব্যাসার্ধ 2m ভরকে নিয়ন্ত্রণ করছে (অধ্যায় ৮)। সোয়ার্জচাইল্ডের বহিঃসমাধানটি হলো :

$$ds^2 = -\left(1-\frac{2m}{r}\right)^{-1} dr^2 - r^2 d\theta^2 - r^2 \sin^2 \theta d\phi^2 + \left(1-\frac{2m}{r}\right) dt^2.$$

এই সমীকরণটিতে ds^2 দ্বারা মহাকর্ষ ক্ষেত্রে গতির পরিমাণ এবং ($dr^2+r^2d\theta^2+r^2\sin^2\theta d\phi^2$) দ্বারা গোলকীয় স্থানাঙ্ক বোঝানো হয়েছে এবং($\frac{2m}{r} = o$) অর্থাৎ $r = 2m$ দ্বারা বস্তুকরণার উপর মহাকর্ষ প্রভাব বোঝানো হয়েছে। আর dt যুক্ত করে গোলকীয় স্থানাঙ্ককে গোলকীয় গতিতে রূপান্তর করা হয়েছে।

সোয়ার্জচাইল্ড অন্তঃসমাধান দ্বারা পার্থিব জগতের ব্যাখ্যা দিয়েছেন। এখানে সোয়ার্জচাইল্ডের অন্তঃসমাধান দেয়া হলো—

www.banglainternet.com

Interior solution, $\frac{r_1^2}{R_0^2} < 1$ i.e. $r_1^2 < \frac{3}{8\pi\rho_0}$

and $\frac{2m}{r_1} < 1$ i.e. $2m < r_1$

এই সমীকরণে (1 > 2m/r &r > 2m) বোঝানো হয়েছে। এখানে 1 > 2m/r ধারণা বিশেষ আপেক্ষিকবাদ থেকে নেয়া হয়েছে এবং এটা নিউটনীয়। কিন্তু আলোর বেগকে সর্বাপেক্ষা উচচ গতি ধরা হলে মহাকর্ষ বিশ্ব নিয়ন্ত্রণ করতে পারবে না। এই ভাবে চিরায়ত বলবিজ্ঞানের সাথে আপেক্ষিকবাদের আপস করা হয়েছে। এক সাথে দুই দিক রক্ষা কর যাবে না। যদি 1 > 2m/r হয়, তবে 2m/r কীভাবে বিশ্ব নিয়ন্ত্রণ করবে? ঐক্যবদ্ধ মতবাদের জন্য যেতে হবে (r > 2m>1)। যেখানে মহাকর্ষ বিশ্বজগৎসহ আলোর বেগকেও নিয়ন্ত্রণ করছে। এখানে 1 আলোর বেগ, r ব্যাসার্ধ এবং m ভর বোঝানো হয়েছে।

উপসংহারে বলা যায়, সোয়ার্জচাইল্ড আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সমীকরণ দুটো জগতের প্রতিনিধি হিসেবে দু' রকম সমাধান দিয়েছিলেন। মহাশূন্য জগতের জন্য হলো বহিঃসমাধান এবং পার্থিব জগতের জন্য হলো অন্তঃসমাধান। আসলে একই সমীকরণের দুই বিপরীতমুখী সমাধান হয় না। প্রথমত, উভয় সমাধানে শূন্য টেন্সর প্রকাশ পেয়েছে। নিউটনীয় সমীকরণে শূন্য টেন্সর হয়। দ্বিতীয়ত, বহিঃসমাধানে সোয়ার্জচাইল্ডের অলক্ষে ত্বরণ টেন্সর প্রকাশ পেয়েছে। কারণ মহাকর্ষ ক্ষেত্রে সকল ক্রিয়া বৃত্তীয় নিয়মে সংঘটিত হয় এবং প্রতিক্রিয়া অধিক হয়। সোয়ার্জচাইল্ড বহিঃসমাধান দ্বারা বুধ গ্রহের অনুসুরের অগ্রগমন পরিমাপ করেছিলেন। সোয়ার্জচাইল্ড বহিঃসমাধানে বৃত্তীয় ব্যাসার্ধ প্রয়োগ করেছিলেন, যাহা সোয়ার্জচাইল্ড ব্যাসার্ধ নামে পরিচিত। ঐক্যবদ্ধ সূত্রে এটার ভূমিকা রয়েছে।

References

1. Hawking, S. W., *A Brief History of Time*, Bantam Books, New York, London 1988, P. 185.
2. Hawking, S. W., *The Essential Einstein : His Greatest Works*, Penguin Books, 2007, P. 390
3. Prakash, S., *Relativistic Mechanics*, Pragati Prakashn, Meerut. 1985, P. 363.
4. Ali, S. M., (Dr.) *Tensor Analysis with application*, New Age Publication, Dhaka, 2006, P. 197

www.banglainternet.com

অধ্যায় ১৯

আইনস্টাইনের স্বপ্ন বাস্তবায়ন : এখানে রয়েছে চার পরিধি ও ছয় উপাদান

(Realisation of Einstein's Dream)

আইনস্টাইনের স্বপ্ন কী ছিলো? মহাকর্ষ সূত্রের বাস্তবায়ন হলো কীভাবে? রৈখিক ও গোলকীয় জ্যামিতি কী? এই দুয়ের মধ্যে ব্যবধান কী? স্থানকালের চারমাত্রা কীভাবে হলো? আবার গোলকীয় জগতের সাথে ছয় উপাদান কীভাবে জড়িত হলো? এসব বিষয় নিয়ে আলোচনা হলো।

আইনস্টাইন পদার্থের সাধারণ ধর্মগুলোকে সমন্বয়ের মাধ্যমে ঐক্যবদ্ধ মতবাদ রচনা করতে চেয়েছিলেন (Einstein wished to relate all the properties of matter in a unified theory. –Strathern, 1997)[1]। এটা ছিলো আইনস্টাইনের স্বপ্ন। কিন্তু তিনি সে স্বপ্ন বাস্তবায়ন করে যেতে পারেননি। কারণ আইনস্টাইনের সামনে যে প্রতিবন্ধকতা ছিলো, সেগুলো তিনি অতিক্রম করতে পারেন। সার্বিক বিবেচনা করলে বোঝা যায় তখনো ঐক্যবদ্ধ মতবাদ রচনার সময় আসেনি। আইনস্টাইন মহাকর্ষ সমীকরণে মহাশূন্যে একটি ক্ষুদ্র কণিকার বৃত্তীয় নিয়মে সূর্য প্রদক্ষিণের সূত্র প্রদান করেন। আইনস্টাইনের জানা ছিলো না যে মহাকর্ষ সূত্রটি ঐক্যবদ্ধ সূত্র হিসেবে রূপ নিতে পারে। তাই তিনি শেষ জীবনে আলাদাভাবে ঐক্যবদ্ধ মতবাদের অনুসন্ধান করেছিলেন। আইনস্টাইনের মহাশূন্য ধারণায় নিউটনীয় প্রভাব ছিলো এবং সমীকরণে গ্রিক সমতলীয় জ্যামিতির প্রভাব ছিলো, তাই মহাকর্ষ সূত্রটি সঠিকভাবে বিধিবদ্ধ করতে পারেননি। বিষয়টি হলো পদার্থের সাধারণ ধর্মগুলোকে নিয়ে পদার্থ গঠিত কিন্তু সে ধর্মগুলোকে কীভাবে সমন্বয় করা যায় সেটা তখন বিবেচনায় আনা সম্ভব হয়নি। বর্তমান গবেষণা দ্বারা সেটা সম্ভব হয়েছে এবং ঐক্যবদ্ধ মতবাদ রচনা করা হয়েছে। মহাকর্ষ দ্বারা বস্তু জগৎ নিয়ন্ত্রণ হলে বস্তুর সাধারণ ধর্মগুলো মহাকর্ষের দ্বারা নিয়ন্ত্রণ হয়, কারণ সাধারণ ধর্মগুলো নিয়ে বস্তু জগৎ গঠিত। ঐক্যবদ্ধ মতবাদের প্রধান কাজ হচ্ছে পদার্থের ছয়টি সাধারণ ধর্ম : জড় বল, মহাকর্ষ বল, অভিকর্ষ বল, ব্যাসার্ধ বল, বৃত্তীয় ত্বরণ এবং সময়কে সমন্বিত করে সূত্র প্রদান করা। পদার্থের ছয়টি ধর্মের সাথে প্রকৃতির সব বল যুক্ত থাকে। পদার্থের স্থিতিশীল এবং গতিশীল উভয় অবস্থায় মহাকর্ষের প্রভাব পড়ে। মহাকর্ষ প্রভাবে স্থির বস্তু ভর প্রাপ্ত হয় এবং গতিশীল বস্তু ভরবেগে পরিণত

www.banglainternet.com

হয়। পদার্থ গতিশীল হলে এটার ধর্মগুলো অভিন্ন বৃত্তীয় নিয়মে মহাকর্ষের অধীনে কাজ করে এবং বৃহৎ ঐক্য সৃষ্টি করে। এভাবেই ঐক্যবদ্ধ ধারণা প্রতিষ্ঠা করা হয়েছে (অধ্যায় ১০, ১৬)।

আইনস্টাইনের জন্মের এক শতাব্দী পার হয়ে গেল কিন্তু এতোদিনে তাঁর স্বপ্ন বাস্তবায়ন হয়নি? এই বিলম্বের পিছনে অনেক প্রতিবন্ধকতা কাজ করছে। সেগুলো হচ্ছে– ইউক্লিডীয় রৈখিক জ্যামিতি, গ্যালিলিওর পড়ন্ত বস্তুর সূত্রে ভুল তথ্য প্রদান, দ্বি-ধারায় বিভক্ত জড় জগৎ ও মহাকর্ষ জগৎ, সমীকরণে গোলকীয় গতির ধারণার অভাব, ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া বেশি হয় কেন ইত্যাদি। এখানে কিছু প্রতিবন্ধকতার ব্যাখ্যা দেয়া হলো।

প্রাচীন গ্রিকগণ পৃথিবীকে সমতল মনে করত এবং তাঁদের জ্যামিতি ছিলো সমতলীয়। তাঁরা আরো মনে করত আকাশের চন্দ্র সূর্য গ্রহ তারা পৃথিবীর চারপাশে ঘুরছে। সমতলীয় জগতের জ্যামিতি শাস্ত্রে দুটো মাত্রা ধরা হয়েছিলো। সেটা হচ্ছে দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ। সমতলীয় ক্ষেত্র দুটো সরল রেখা দ্বারা ক্ষেত্র আবদ্ধ হয়। সমতলীয় জ্যামিতি রৈখিক জ্যামিতি নামেও পরিচিত। পরবর্তীকালে সমতলীয় জ্যামিতির সাথে উচ্চতা তৃতীয় মাত্রা হিসেবে যুক্ত হয়। তখন সমতলীয় জ্যামিতি দু' ভাগে বিভক্ত হয়, দ্বিমাত্রিক জ্যামিতি এবং ত্রিমাত্রিক জ্যামিতি। তখন থেকে লিনিয়ার এলজাবরার প্রচলন হয়। তবে এগুলোর ভিত্তি নেই। সেই সমতলীয় জ্যামিতি আজো বহমান এবং এই জ্যামিতি আইনস্টাইনের ঐক্যবদ্ধ সূত্রের অন্তরায় হয়ে দাঁড়িয়েছিলো।

প্রাচীন গ্রিক যুগে স্থান ও কাল আলাদা বিবেচনা করা হতো এবং স্থানের পরিমাপের উপর জ্যামিতি শাস্ত্র গড়ে উঠে ছিলো। কাল ছিলো অসীম। নিউটন একইভাবে পরম স্থান ও পরম কালের প্রবক্তা ছিলেন। তাঁর মতে স্থান ও কাল আলাদা। স্থানের তিন মাত্রার সাথে কাল স্বাধীনভাবে যুক্ত হয়। মিনকোস্কি স্থানের তিনমাত্রার সাথে কালকে অবিচ্ছেদ্য অংশ হিসেবে যুক্ত করেন। মিনকোস্কির মতে স্থান আলাদাভাবে এবং কাল আলাদাভাবে অদৃশ্য হয় কিন্তু দুয়ের মিলনের ফলে দেশকাল একত্রে প্রকাশ পায় (Space by itself and time by itself are doomed to fade away into mere shadows, and only a kind of union of the two will preserve an independent reality. –Good, 1974)[2]। অনুরূপভাবে আইনস্টাইন বিশ্বকে চারমাত্রিক হিসেবে বর্ণনা করেছেন এবং আপেক্ষিকবাদের সূত্রগুলো চারমাত্রিক জ্যামিতির উপর দাঁড় করিয়েছিলেন। তিনি নতুনভাবে স্থানকালের সংযোজন ব্যাখ্যা দিয়েছেন। তবে তাঁর ব্যাখ্যা ও সূত্র সঠিকভাবে আসেনি। আইনস্টাইনের মতে এই বিশ্ব একাধিক একক ঘটনা নিয়ে গঠিত এবং প্রতিটি চারটি মাত্রা দিয়ে বিবরণ দেওয়া হয়। তিনটি স্থানের এবং একটি কালের নির্দেশক (x, y, z, t)। আবার স্থানগুলোকে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্রভাবে বিভক্ত করা যায় (The world is composed of

www.banglainternet.com

individual events, each of which is described by four numbers, namely, three space co ordinates x, y, z and a time co ordinates, the time-value is 't'. -Einstein, 1961)[3]।

আইনস্টাইনের ভাষ্য অনুসারে বোঝা যায় স্থানের ঘটনাবলি বর্ণনা করার জন্য সময় মাত্রা যুক্ত করা হয়ে ছিলো। এই ধারণা গোলকীয় জ্যামিতি সৃষ্টির সপক্ষে আসেনি। কারণ এই পৃথিবী একটা বৃহৎ গোলক। তাই এটা গোলকীয় জগৎ। এটা আবার ঘূর্ণনশীল। এই গোলকীয় জগতে ইউক্লিডীয় রৈখিক জ্যামিতি কার্যকরী নয় (The Euclidean Geometry is no longer sufficient to describe the universe. -Strathern, 1997)[4]। গোলকীয় জগতে স্থানের ত্রিমাত্রা কার্যকরী নয়। গোলকীয় জগতে চারমাত্রা ক্রিয়াশীল। তবে স্থানের ত্রিমাত্রার সাথে সময় যুক্ত করে যে চতুর্মাত্রিক গোলকীয় জ্যামিতি হয়, সেটার স্বীকৃতি গণিত শাস্ত্রে নেই। গণিতে তিনমাত্রিক স্থানাঙ্ক (x, y, z)কে গোলকীয় (r, θ, ϕ) স্থানাঙ্কে রূপান্তর করে গোলকীয় স্থানাঙ্ক সৃষ্টি করার রীতি প্রচলন ছিলো। এটা ছিলো গণিতবিদদের এক বিরাট সাফল্য। আবার রীম্যান স্থানের তিনমাত্রার সঙ্গে N সংখ্যক মাত্রা যুক্ত করে মেট্রিক টেন্সর সৃষ্টি করেছেন। হকিং রীম্যানকে ম্যাট্রিক দেশকালে N পরিধি সংযোজনের জন্য ধন্যবাদ জানিয়েছেন (Thanks to Riemann's investigation of N dimentional metrical spaces. -Hawking, 2007)[5]। এটা ছিলো গোলকীয় স্থানাঙ্ক কিন্তু সেটার স্বীকৃতি গণিত শাস্ত্রে নেই। আবার এই গোলকীয় স্থানাঙ্কের সাথে সময় মাত্রা (t) যুক্ত করা হলে গোলকীয় গতি সৃষ্টি হয়। এ ধারণাও সেদিন সচল ছিলো না। এসব ধারণা জ্যামিতি শাস্ত্রে নতুন সংযোজন। ঐক্যবদ্ধ গতির গবেষণার ফলেই এসব নতুন নতুন ধারণা উদঘাটন সম্ভব হয়েছে। তবে এই সংযোজন দ্বারা গণিত ও জ্যামিতিকে পূর্ণাঙ্গ করা হয়েছে। এতোদিন গণিত শাস্ত্র ছিলো দুর্বোধ্য ও বাস্তবতা বিবর্জিত। সেটাকে এখন সহজ পাঠ্য ও বাস্তবধর্মী করা হয়েছে এবং শ্রেণিবদ্ধ করা হয়েছে। এ শ্রেণিকরণের মধ্যে রৈখিক জ্যামিতি ও গোলকীয় জ্যামিতি রয়েছে। এই দুটি জ্যামিতির মধ্যে এতদিন রৈখিক জ্যামিতি প্রাধান্য ছিলো। এখন রৈখিক জ্যামিতির আগের অবস্থানে থাকবে না। কারণ রৈখিক জ্যামিতি হচ্ছে ভিত্তি দুর্বল। আর রৈখিক বা সমতলীয় জগৎ বলতে কোনো জগৎ নেই। তবে রৈখিক জ্যামিতিকে বাদ দেয়াও যাচ্ছে না কারণ রৈখিক জ্যামিতির উপর ভিত্তি করে গোলকীয় জ্যামিতি দাঁড় করানো হয়েছে। তাই পাঠ্যপুস্তকে গোলকীয় জ্যামিতির ব্যাপক অনুশীলন থাকবে (অধ্যায় 8)।

আইনস্টাইন মহাকর্ষ সূত্র রচনা করেছিলেন রীম্যান-ক্রিস্টোফেল টেন্সরের ধারা ক্রমাগত অব্যাহত রেখে। এমনকি তখনো গোলকীয় গতির ধারণা সৃষ্টি হয়নি এবং চতুর্মাত্রিক জগতের ধারণা জন্ম হয়নি। আইনস্টাইনের মহাশূন্য ধারণা কল্পনাপ্রসূত ছিলো। এহেন অবস্থায় আইনস্টাইন মহাকর্ষ সূত্র দিয়েছিলেন। ফলে মহাকর্ষ সূত্র

www.banglainternet.com

ত্রুটিপূর্ণ হওয়া স্বাভাবিক। আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সূত্রে গোলকীয় গতির উপাদানগুলো প্রয়োগ করা হয়নি। ফলে এটা দ্বারা বুধ গ্রহের অনুসূরের অগ্রগমন পরিমাপ করা সম্ভব হয়নি। সোয়ার্জচাইল্ড বহিঃসমাধান দ্বারা সেটা সমাধান করেছিলেন (অধ্যায় ৮, ১৮)। এখানে মহাকর্ষের সূত্রের উপাদানগুলো নিয়ে আলোচনা হয়েছে।

চতুর্মাত্রিক জ্যামিতি যে গোলকীয় জ্যামিতি সেটা জ্যামিতি শাস্ত্রে এক নতুন সংস্করণ। এতোদিন জ্যামিতি শাস্ত্রে ও পদার্থবিজ্ঞানে কৌণিক বেগ বা গোলকীয় গতি ছিলো কিন্তু সেটার ব্যাপ্তি এতটুকু ছিলো না। এখন গোলকীয় জ্যামিতি শাস্ত্র একটি প্রধান বিভাগ হিসেবে আত্মপ্রকাশ করেছে। এটার কোনো প্রতিপক্ষ নেই। কারণ রৈখিক জ্যামিতি কোনো পূর্ণাঙ্গ জ্যামিতি নয়। এখানে সময় যুক্ত করা যায় না। গোলকীয় জ্যামিতি ঐক্যবদ্ধ নীতির ধারক। গোলকীয় জ্যামিতি দ্বারা ঐক্যবদ্ধ নীতিকে ব্যাখ্যা করা যায়। গোলকীয় জ্যামিতির মধ্যে চার পরিধি রয়েছে এবং এ জগতের সাথে সম্পৃক্ত গোলকীয় গতির ছয়টি উপাদান রয়েছে। এই গোলকীয় গতি ঐক্যবদ্ধ সূত্র সৃষ্টি করে। ঐক্যবদ্ধ সূত্রের ছয়টি উপাদান হচ্ছে জড় বল, মহাকর্ষ বল, অভিকর্ষ বল, ব্যাসার্ধ বল, বৃত্তীয় ত্বরণ ও সময়।

এখানে ঐক্যবদ্ধ সূত্রের ছয়টি উপাদানের ব্যাখ্যা দেয়া হলো—

জড় বল (Interial Mass)

পার্থিব জগতে গতি সঞ্চালনের জন্য একটি বলের প্রয়োজন হয়। সেটা হচ্ছে জড় বল। সেটা পেশিশক্তি হতে পারে, আবার সেটা যান্ত্রিক শক্তি হতে পারে। পেশীশক্তি ব্যবহার করে প্রাণীরা কর্মসম্পাদন করে। যানবাহন ও কলকারখানাতে যান্ত্রিক শক্তি ব্যবহার হয়। এখানে r ব্যাসার্ধ m ভরের উপর ক্রিয়াই হচ্ছে জড় বল। এটাকে ঐক্যবদ্ধ সূত্রে ধ্রুবক হিসেবে কল্পনা করা হয়েছে।

মহাকর্ষ-অভিকর্ষ (Gravitation and Gravity)

মহাকর্ষ সর্বদা স্থির, গতিশীল এবং পতনশীল বস্তুর উপর ক্রিয়া করে (By gravitation static body stands to mass and moving body stands to acceleration. –Tajuddin & others, 2008)[6]। পার্থিব জগতে জড় বলের সাথে মহাকর্ষ যুক্ত থাকে। এটা এতোদিন পুরোপুরিভাবে জানা ছিলো না। আইনস্টাইন বলেছেন স্থানকাল বক্র ও মহাকর্ষ বক্র। মহাকর্ষ সকল গতিকে বাঁকিয়ে দেয়। মহাকর্ষ গতিকে বাঁকিয়ে দেয় বলে সকল গতি বৃত্তীয় হয়। মহাকর্ষ ও জড় বল একত্রে কাজ করে। এই জন্যই বিশ্ব অভিন্ন নিয়মে চলে। দুটো শক্তি আলাদাভাবে কাজ করলে বিশ্ব বিশৃংখল হয়ে ধ্বংস হয়ে যেতো। এইভাবে r ব্যাসার্ধ m ভরের উপর ক্রিয়া কচ্ছে। ঐক্যবদ্ধ সূত্রে প্রযুক্ত বল অথবা মহাকর্ষ (p) আলাদাভাবে

www.banglainternet.com

ধ্রুবক হিসেবে কাজ করে। এখানে মহাকর্ষ ক্ষেত্রে যৌথবল এবং মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে প্রযুক্ত বলের অনুপাত হচ্ছে $2\pi r : 2r$ যার মান হচ্ছে ২২/৭। ঐক্যবদ্ধ সূত্রে মহাশূন্যে প্রযুক্তবলের পরিবর্তে মহাকর্ষ এককভাবে কাজ করে।

বৃত্তীয় ব্যাসার্ধ (Cyclic Radius)

এটার সংক্ষিপ্ত নাম ব্যাসার্ধ। এটা সোয়ার্জচাইল্ড ব্যাসার্ধ নামে পরিচিত। গতি বৃত্তীয় নিয়মে হয় বলে বৃত্তীয় ব্যাসার্ধ গতি পরিমাপে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে। মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে কোনো গতি যে সময়ে ব্যাস পরিমাণ দূরত্ব অতিক্রম করে, মহাকর্ষক্ষেত্রে সে ব্যাস বৃত্তের পরিধির সমান দূরত্ব অতিক্রম করে। ব্যাসার্ধ বড় বা ছোট আকারের উপর নির্ভর করে বৃত্তের আকার ও আয়তন। আবার ব্যাসার্ধের উপর বল প্রয়োগ নির্ভরশীল। ঐক্যবদ্ধ সূত্রের মধ্যমণি হিসেবে ব্যাসার্ধ কাজ করে। সূত্রের অন্য উপাদানগুলো ব্যাসার্ধের উপর নির্ভরশীল। মূল সূত্রের দিকে লক্ষ করলে ব্যাসার্ধের অবস্থান ($ds^2 \propto 2\pi r$) বোঝা যায়। সোয়ার্জচাইল্ড সমীকরণে ব্যাসার্ধ নিয়ন্ত্রক হিসেবে কাজ করছে।

বৃত্তীয় ত্বরণ (Cyclic Frequency)

মহাকর্ষ ত্বরণ থেকে বৃত্তীয় ত্বরণ সৃষ্টি হয়। বৃত্তীয় নিয়মে গতি ধীরে ধীরে শুরু হয়। ক্রমান্বয়ে গতি ত্বরণ প্রাপ্ত হয়। প্রতিটি গোলকীয় গতি পরবর্তী গোলকীয় গতির সাথে যুক্ত হয়ে ত্বরণ সৃষ্টি করে। বৃত্তীয় ঘূর্ণন শেষ হলে পূর্ণ ত্বরণ আসে। বৃত্তীয় গতিতে ত্বরণ আসে, রৈখিক গতিতে ত্বরণ আসে না। তাই কোনো গতির শুরুতে যতবার ঘূর্ণন হয়, তার সমষ্টি হচ্ছে ত্বরণ গতি। সোয়ার্জচাইল্ড সমীকরণে বৃত্তীয় ত্বরণ যুক্ত ছিলো না। ঐক্যবদ্ধ সমীকরণে এটা যুক্ত হয়েছে। ধরা যাক, একটি যানবাহন ৮ বার ঘূর্ণন করে পূর্ণ গতি সৃষ্টি করল। গাণিতিকভাবে এটার হিসেবে হবে $2\pi r \times 8 = 16\pi r$।

সময় (Time)

ঐক্যবদ্ধ সূত্রে সময় বৃত্তীয় গতির অবিচ্ছেদ্য উপাদান। বৃত্তীয় গতি যতবার হবে তত বৃত্তীয় পরিধির সমান পথ অতিক্রম করবে। বৃত্তীয় গতি রৈখিকভাবে হিসাব করা যায়। যানবাহনে চাকার ঘূর্ণন দিয়ে তা কত দূরত্ব অতিক্রম করলো সেটা হিসাব করা যায়। ঐক্যবদ্ধ সমীকরণে dt সময় হিসেবে যুক্ত হয়। এটা গোলকীয় ক্ষেত্রকে গোলকীয় গতিতে পরিণত করে।

উপসংহারে বলা যায়, গ্রিকদের সমতলীয় জ্যামিতির ধারণা সঠিক ছিলো না। পৃথিবী গোলক ও গোলকীয় গতি রয়েছে। তাই এখানে গোলকীয় জ্যামিতি এবং গোলকীয় গতি প্রাধান্য পাবে। এ জগতের গাণিতিক চারটি মাত্রা এবং ঐক্যবদ্ধ

www.banglainternet.com

বলের ছয়টি উপাদান রয়েছে। চারটি মাত্রা হলো দৈর্ঘ্য, প্রস্থ, উচ্চতা ও সময় এবং ছয়টি উপাদান হলো জড় বল, মহাকর্ষ বল, অভিকর্ষ বল, বৃত্তীয় ব্যাসার্ধ, বৃত্তীয় ত্বরণ ও সময়। উভয় ক্ষেত্রে সময় রয়েছে। গোলকীয় গতির ধারণা থেকেই মহাকর্ষ সূত্র সৃষ্টি হয়। আর মহাকর্ষ সূত্র ও ঐক্যবদ্ধ সূত্র অভিন্ন। এভাবে সংয়োজন ও পরিমার্জন করে আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সূত্র তথা স্বপ্ন বাস্তবায়ন করা হয়েছে।

Reference

1. Strathern, P., *Einstein and Relativity*, Arrow Books, UK. 1997, P. 78.
2. Good, R. H., *Basic Concept of Rela*tivity, East West Press Pvt. Ltd. New Delhi. 1974, P. 141.
3. Einstein, A., *Relativity : The Special and the General Theory*, Three Rivers Press, New York, 1961, P. 6162
4. Strathen, P., *Einstein and Relativity*, Arrow Books, London 1997, P. 71-72.
5. Hawking S. W., *The Essential Einstein : His Greatest Works*, Penguin Books, 2007. P. 371.
6. Tajuddin and others, *Review of the Theory of Relativity*, Journal of Applied Sciences Research, 4(1) : 32-39, 2008

www.banglainternet.com

বিজ্ঞান গবেষণা ও আবিষ্কার
(Scientific Research and Invention)

বিজ্ঞান গবেষণা কী? বিজ্ঞান গবেষণার প্রয়োজনীয়তা কী? বিজ্ঞান গবেষণা কীভাবে করতে হয়? বিজ্ঞান গবেষণার জ্ঞাতব্য বিষয় কী? বৈজ্ঞানিক তত্ত্বগুলো কীভাবে আবিষ্কার হয়েছে? শিক্ষার্থীদের কীভাবে বিজ্ঞান গবেষণায় উৎসাহিত করা যায়। এ বিষয়গুলো নিয়ে আলোচনা হলো।

আধুনিক যুগে গবেষণা অতীব প্রয়োজন। গবেষণা কর্ম এখন আর বিলাসিতা নয়। গবেষণা ছাড়া কোনো জাতির অগ্রগতি সম্ভব নয়। তাই উচ্চ শিক্ষার সাথে গবেষণা পদ্ধতি যুক্ত করা বাঞ্ছনীয়। পৃথিবীর সর্বত্র গবেষণার গুরুত্ব বেড়ে গেছে। গবেষণা দ্বারা সত্য উদঘাটন করা যায়। তাই গবেষণা হচ্ছে অজানাকে জানার জন্য অনুসন্ধান। গবেষণার ফলে নতুন নতুন আবিষ্কার হচ্ছে। জ্ঞান সর্বদাই বাস্তব ক্রিয়ার পথ প্রদর্শক। বাস্তবতার নিরিখে প্রয়োগের মাধ্যমে জ্ঞানের পরীক্ষা ও সমৃদ্ধ করার কাজেই গবেষণা পরিচালিত হয়। অন্যদিকে শিক্ষা ও সামাজিক গবেষণা দ্বারা সত্য যাচাই হয়। সত্য যাচাইয়ের ফলে সন্দেহ, দ্বিধা ও দ্বন্দ্ব দূরীভূত হয় এবং স্থির সিদ্ধান্তে পৌছা যায়। ফলে অতীতে আর্থসামাজিক, রাজনৈতিক ও ঐতিহাসিক অবস্থা সম্পর্কে সম্যক জ্ঞান লাভ করা যায়। গবেষণা দ্বারা বর্তমানকে উদঘাটিত করা যায় এবং ভবিষ্যত সম্পর্কেও ধারণা লাভ করা যায়। কোনো জাতি বিভিন্ন ক্ষেত্রে কতটুকু অগ্রগতি অর্জন করলো সেটা গবেষণার দ্বারাই জানা যায়।

গবেষণা হচ্ছে নিয়মতান্ত্রিক অনুসন্ধান (Research is a systematic search for knowledge. -Abedin, 2005)[1]। জ্ঞান অনুসন্ধানই গবেষণা। নতুন কিছু উদঘাটন করাই হচ্ছে গবেষণা। গবেষণা হচ্ছে নিয়মতান্ত্রিক প্রক্রিয়ার মাধ্যমে বিধিবদ্ধ জ্ঞান উদঘাটন ও উন্নয়নে সহায়তা করা (Research is a more systematic activity that is directed towards discovery and the development of an organized body of knowledge. -Best and Kahn, 1986)[2]। আর আবিষ্কার হচ্ছে প্রকৃতির কোনো নিয়ম উদঘাটন করা। প্রকৃতির অনেক নিয়ম রয়েছে। সে নিয়মগুলো উদঘাটন করে যান্ত্রিক প্রক্রিয়ায় কাজে লাগানোই হচ্ছে আবিষ্কার। তবে এইসব নিয়মগুলো একটা বৃহৎ ঐক্যবদ্ধ নিয়মের অংশমাত্র।

www.banglainternet.com

গবেষণা মূলত দুই প্রকারের হয়—মৌলিক গবেষণা ও ব্যবহারিক গবেষণা। ভৌত বিজ্ঞান সম্পর্কিত গবেষণা হচ্ছে মৌলিক গবেষণা আর ব্যবহারিক গবেষণা হচ্ছে শিক্ষামূলক গবেষণা। তবে দুটো গবেষণার পদ্ধতি প্রায় অভিন্ন। আধুনিক গবেষণা বৈজ্ঞানিক পদ্ধতির (Scientific Method) উপর নির্ভরশীল। জন ডিউই এরিস্টটলের অবরোহ পদ্ধতি এবং বেকনের আরোহী পদ্ধতি সংমিশ্রণ করে বৈজ্ঞানিক পদ্ধতির অবতারণা করেন। তখন থেকে আধুনিক শিক্ষা ও সামাজিক গবেষণার যাত্রা শুরু হয়। বৈজ্ঞানিক পদ্ধতির মধ্যে পাঁচটি ধাপ থাকে। এগুলো হচ্ছে সমস্যা চিহ্নিতকরণ, অনুমিত সিদ্ধান্ত, পর্যবেক্ষণ, বিশ্লেষণ ও উপসংহার (Scientific method is a problem identification, hypothesis formulation, observation, analysis and conclusion. -Best and Kahn, 1986)[3]।

অষ্টাদশ ও ঊনবিংশ শতাব্দীতে ইউরোপে বিজ্ঞান গবেষণার যে বিস্ফোরণ ঘটেছিলো, সে ধারাতেই নতুন চেতনায় বিজ্ঞান গবেষণা চালিয়ে যেতে হবে। অতীতে বিজ্ঞানীগণ নতুন নতুন আবিষ্কার করেছেন, একদিকে সেটার কারণ জানতে হবে এবং অন্যদিকে সেটার সাথে ঐক্যবদ্ধ নিয়মের সংযোগ করতে হবে। ইটালির বিজ্ঞানী ছিলেন গ্যালভানি। তিনি একটি ব্যাঙকে তুঁতের দ্রবণে ভিজিয়ে রেখেছিলেন। তিনি ধাতব চাকু ব্যাঙের গায়ে স্পর্শ করতেই ব্যাঙটি পা দিয়ে লাথি দিতো। এগুলো তিনি খবরের কাগজে ছাপতেন। তাই লোকে তামাশা করে তাকে ব্যাঙ নাচানো বিজ্ঞানী বলতো। তিনি বুঝতে পেরেছিলেন ধাতব চাকুর সংস্পর্শে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হচ্ছে। এ ধারণা থেকে তিনি এক ধরনের বৈদ্যুতিক সেল তৈরি করেন। এই সেলে দুই রকমের ধাতব পাত এবং দ্রবণ ব্যবহার হতো। আলেকজান্ডা ভোল্টা আরো উন্নতমানের শুষ্ক বৈদ্যুতিক সেল তৈরি করেছিলেন। এভাবে দুই বা ততোধিক মৌলের সংযোগে তৃতীয় বস্তুটি উৎপন্ন হয়। আজকাল বিদ্যুৎ সংরক্ষণ করা হয়। ক্রমাগত বিদ্যুতের ব্যাপক ব্যবহার শুরু হয়।

মধ্যযুগের বিজ্ঞানীগণ একাধিক মৌলের সংমিশ্রণে সোনা উৎপন্ন করতে পারতেন। সেটা আজ বিজ্ঞানীগণ ভুলে গেছেন। সেটা কীভাবে পুনরুদ্ধার করা যায়, এটা আজকের বিজ্ঞানীদের কাজ। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণু সমন্বয়ে পানি উৎপন্ন হয়। আবার পেট্রোল বা কেরোসিনের রাসায়নিক নাম হাইড্রোকার্বন। হাইড্রোজেন ও কার্বনের মিশ্রণেই কেরোসিন উৎপন্ন হয়। লোহা ও তামা সংমিশ্রণে হয় ইস্পাত। আজো মৌলের সংযোজন শেষ হয়নি। নব উদ্যোগে মৌল সংযোজন করে নতুন নতুন আবিষ্কারে মনোনিবেশ করা যায়। সেজন্য থাকা চাই গবেষণাগার ও গবেষক। এই সব গবেষণার জন্য গবেষক তৈরি করতে হবে।

প্রকৃতির নিয়ম হস্তগত করাই হচ্ছে নতুন আবিষ্কার। বিজ্ঞানীগণ প্রকৃতির নিয়ম যেটা পর্যবেক্ষণ করেন সেটা থেকেই নতুন আবিষ্কার করেন। এতোদিন ক্রমানুসারে

www.banglainternet.com

বৈজ্ঞানিক তত্ত্বগুলো আবিষ্কার হয়নি। ঐক্যবদ্ধ সূত্রের ক্রমানুসারে অনেক ফাঁক থাকতে পারে। ঐক্যবদ্ধ সূত্র অনুসারে সে ফাঁকগুলো নতুন আবিষ্কার দ্বারা উদ্ধার করা সম্ভব এবং রহস্যগুলোর ব্যাখ্যা দেয়া যাবে। এখন সে ফাঁকা স্থানগুলোতে নতুন আবিষ্কার চলে আসতে পারে। আবার দেখা গেছে অনেক সূত্র সঠিকভাবে আসেনি। ঐক্যবদ্ধ নিয়মানুসারে সে সূত্রগুলো সংশোধন ও পরিমার্জন সম্ভব হবে।

প্রকৃতির নিয়ম রয়েছে যে একটা আবিষ্কার হলে এর সাথে সংশ্লিষ্ট অন্যটি আবিষ্কার করা যায়। মাইকেল ফ্যারাডের মটর ও জেনারেটর আবিষ্কার পরস্পর জড়িত ছিলো। ফ্যারাডে ভেবেছিলেন যদি বিদ্যুৎ প্রবাহ থেকে চুম্বক উৎপন্ন করা যায়, তবে চুম্বক থেকেও বিদ্যুৎ উৎপন্ন করা যাবে। তিনি কুণ্ডলীকৃত তারের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ দ্বারা চুম্বক উৎপন্ন করেন এবং এই চুম্বককে মটরে রূপান্তর করেন। অন্যদিকে কুণ্ডলীকৃত তারের মধ্যে চুম্বক প্রবেশ করিয়ে বিদ্যুৎ উৎপন্ন করেন এবং সেটা থেকে জেনারেটর তৈরি করলেন। বিজ্ঞানে এই ধরনের আবিষ্কার একটার সাথে বিপরীতভাবে অন্যটা জড়িত। এভাবে আরো আবিষ্কার করা যাবে।

পানি প্রবাহিত হয়, এটা পানির গতিশক্তি। আবার পানিকে ক্রমাগত ধাক্কা দিয়ে অন্য বস্তু গতিশক্তিতে পরিণত হতে পারে। সাঁতার কেটে একজন মানুষ গতিশক্তিতে পরিণত হয়। মাঝি বৈঠা দিয়ে নৌকা বেয়ে নিয়ে যায়। নৌকা গতিশক্তি হয়। লঞ্চ ও জাহাজের প্রপেলার পানিতে আঘাত করে গতিশক্তি অর্জন করে। মটর আকর্ষণ করে গতিশক্তি সৃষ্টি করে। আকর্ষণের মাধ্যমে মহাশূন্যে গতিশক্তি সৃষ্টি করা যায়।

একইভাবে বায়ু প্রবাহিত হয় বলে এটা গতিশক্তি। বায়ুকে বাস, রেলগাড়ি, জেট বিমান ও রকেট ইঞ্জিন বিভিন্নভাবে ব্যবহার করে প্রচণ্ড গতিশক্তি সৃষ্টি করে। বায়ুকে প্রতিবার ধাক্কার সাথে একটি উচ্চচাপ বনাম নিম্নচাপ জড়িত থাকে। ইঞ্জিন নির্মাতাগণ এ-চাপের কথা চিন্তা করেননি। আজকাল সেটা চিন্তা করা হচ্ছে। উচ্চচাপ-নিম্নচাপ আছে বলেই বায়ু ও পানি প্রবাহিত হয় অর্থাৎ যেখানে প্রবাহ আছে সেখানে উচ্চচাপ-নিম্নচাপ জড়িত আছে। এই উচ্চচাপ-নিম্নচাপ প্রবাহ বৃত্তীয় গতি। এটি একটি উচ্চতর প্রযুক্তি, যেটা পদার্থবিজ্ঞানে আলোচ্য বিষয় হিসেবে অনুপস্থিত। উচ্চচাপ-নিম্নচাপের মাধ্যমে ইঞ্জিনে বল প্রয়োগের ব্যাখ্যা দেয়া সম্ভব হচ্ছে।

পৃথিবীর উপরি ভাগের পানি থেকে জলীয় বাষ্প ও মেঘ হয়। আবার মেঘ থেকে বৃষ্টি ও পানি হয়। এটাই পানির বৃত্তীয় গতি। বর্ষাকালে বাংলাদেশের আকাশে ঘন ও স্থির মেঘে বিদ্যুৎ চমকাতে দেখা যায়। তাতে করে অনুমিত সিদ্ধান্ত নেয়া যায় যে ভূপৃষ্ঠে কোনো ঘরোয়া পরিবেশে বাষ্পীভবন থেকে অল্প খরচে জল বিদ্যুৎ উৎপন্ন করা যেতে পারে। এতে করে স্থানীয়ভাবে পাড়ায় পাড়ায় এবং মহল্লায় মহল্লায়

www.banglainternet.com

বিদ্যুৎ উৎপন্ন করে জনগণের চাহিদা মেটানো যেতে পারে। দেশে দেশে আজ প্রকট বিদ্যুৎ সমস্যা রয়েছে।

স্থানীয় উদ্যোগে সৌর তাপ থেকে সৌর বিদ্যুৎ উৎপন্ন করে জনগণের চাহিদা মেটানো যেতে পারে। এ বিদ্যুৎ উৎপাদন কাজে ব্যবহার করে দেশকে স্বাবলম্বী করা যেতে পারে। একই ভাবে শহরের টয়লেটের বর্জ্য ব্যবহার করে জ্বালানি কাজে লাগানো যেতে পারে।

পৃথিবী সূর্যের চারদিকে ঘোরে। চন্দ্র পৃথিবীর চারদিকে ঘোরে। এটাও বৃত্তীয় গতি। বৃত্তীয় গতি ও চক্র গতি অভিন্ন। চক্র সংযুক্ত যানবাহন ভারসাম্য অবস্থায় থাকে। তাই যানবাহনে চক্র সংযুক্ত থাকে বলে অল্প বল প্রয়োগে গতিশীল করা যায়। কয়েক শত যাত্রীসহ বিমান আকাশে উড়ে কীভাবে? বিমান যখন রানওয়েতে গতিশীল হয়, তখন মহাকর্ষকে প্রতিহত করে বিমান ভরশূন্য করা হয়। ভরশূন্য বিমান আকাশে উড়তে অসুবিধা হয় না। বস্তু ভর পায় মহাকর্ষ হতে। বস্তুকে গতিশীল করা হলে বস্তু ভরশূন্য হয় এবং আকাশে সহজে উড়তে পারে। মহাকর্ষ প্রভাব ও বস্তুর জড় ভর পরস্পর জড়িত। এটা পদার্থবিজ্ঞানে একটি নতুন প্রযুক্তি হিসেবে সংযোগ হবে।

গতির উচ্চ চাপ বনাম নিম্নচাপ বৃত্তীয়। অর্থাৎ সকল গতি বৃত্তীয় নিয়মে কাজ করে। কিন্তু চিরায়ত বলবিজ্ঞানে গতির সূত্র রৈখিক এবং আইনস্টাইনের সার্বিক আপেক্ষিকবাদে গতির সমীকরণ রৈখিক। এই রৈখিক নিয়ম প্রকৃতির নিয়মের বিরোধী। আর বৃত্তীয় মতবাদ বা ঐক্যবদ্ধ মতবাদ প্রাকৃতিক নিয়মের সপক্ষে কাজ করে। ঐক্যবদ্ধ মতবাদকে প্রতিষ্ঠিত করা হলে পদার্থবিজ্ঞান ও গণিতের অনেক উন্নয়ন হবে। আরো নতুন প্রযুক্তি সংযোগ সম্ভব হবে (অধ্যায় ১০)।

আলো মাধ্যম পরিবর্তন হলে বেঁকে যায়। আলোর এই প্রবাহ উচ্চগতি বনাম নিম্নগতি এবং এটা বৃত্তীয়। এইভাবে যদি কোনো গতি বারবার পরিবর্তন হয় সেটা বৃত্তীয় গতি রূপ নেয়। ইঞ্জিন ও মটরের বল প্রয়োগ বৃত্তীয় গতি হয় (অধ্যায় ১৫)।

বিদ্যুৎ প্রবাহ গতিশক্তি। বিদ্যুৎ প্রতি সেকেন্ডে ৩০০০০০ কিলোমিটার বেগে চলে। আজকের দিনে খবর আলোর বেগে আদান-প্রদান সম্ভব হচ্ছে। আলোর বেগে রেডিও, টেলিভিশন, মোবাইল ও রিমোট কন্ট্রোল চলছে। যানবাহন কীভাবে আলোর বেগে চালানো যায়, সে ব্যাপারে গবেষণা চালিয়ে যেতে হবে। যানবাহনে বৈদ্যুতিক মটর ব্যবহার করেও গতি বৃদ্ধি পাচ্ছে না। তার কারণ মহাকর্ষ ও বায়ুমণ্ডলের বাধা। মহাশূন্যে উচ্চগতিতে গমনের লক্ষ্যে এটমিক রিএ্যাকটর শক্তিশালী মটর হিসেবে কাজে লাগানো যেতে পারে। এতোদিন বায়ুর উচ্চচাপ নিম্নচাপের উপর নির্ভর করে যানবাহন চালিত হচ্ছে। এমনকি মহাশূন্যে একই পদ্ধতি কাজে লাগানো হচ্ছে। কিন্তু তাতে সেকেন্ডে ১০ কিলোমিটারের বেশি গতি

www.banglainternet.com

বাড়ানো যাচ্ছে না। মহাকাশ ভ্রমণের জন্য এই গতি স্থূল। সেকেন্ডে ২৫ কিলোমিটার বেগে গমন করলে চাঁদে পৌঁছতে সময় লাগবে (চাঁদের দূরত্ব ৩৮১৫০০ কিলোমিটার ÷ ২৫ কিলোমিটার ÷ ৩৬০০ সে.) = ৪.২৩ ঘণ্টা প্রায়। চাঁদে পৌঁছতে হলে বৃত্তীয় গতিতে যেতে হবে। তাই সময় আরো বেশি লাগবে।

ওষুধ জগতে যে রোগ প্রতিরোধ টিকা তৈরি হয় সেটা সেই রোগের জীবাণু থেকে তৈরি করা হয়। অর্থাৎ রোগ প্রতিরোধ ব্যবস্থা রোগ সৃষ্টিকারী জীবাণুর মধ্যে রয়েছে। লুই পাস্তুর জলাতঙ্ক রোগের টিকা পাগলা কুকুরের লালা থেকে তৈরি করেছিলেন। রোগ বিস্তার ও রোগ নিরাময় পরস্পর জড়িত। একইভাবে সর্প দংশনের বিষক্রিয়া নিবারণ করতে সর্প বিষ থেকে তৈরি ওষুধ কার্যকরী হবে। যে রোগ বিস্তার করে তার নিকট থেকে টিকা বা ওষুধ পাওয়া যায়। এই প্রযুক্তি কাজে লাগাতে হবে।

চিকিৎসাবিজ্ঞানে টেথিস্কোপ দ্বারা রক্ত প্রবাহের উচ্চচাপ ও নিম্নচাপ মাপা হয়। বায়ুভর্তি ব্যাগ দ্বারা বাহু বাঁধা হলে সরু ধমনি দিয়ে দ্রুতগতিতে রক্ত প্রবাহিত হয়, সেটা উচ্চ চাপ। আর বায়ু ভর্তি ব্যাগ থেকে বায়ু ধীরে ধীরে ছাড়া হলে রক্ত ধমনি দিয়ে প্রশস্ত পথে ধীরগতিতে প্রবাহিত হয়, সেটা নিম্নচাপ। বায়ু চাপমান যন্ত্রও অনুরূপ। এইভাবে সকল প্রবাহের গতি ঐক্যবদ্ধ মতবাদ দ্বারা ব্যাখ্যা দেয়া সম্ভব হচ্ছে।

ঐক্যবদ্ধ মতবাদে উচ্চচাপ-নিম্নচাপজনিত নতুন নিয়ম চলে এসেছে। তাই প্রচলিত স্থিতিবিদ্যা, গতিবিদ্যা ও প্রবাহ বিদ্যার (Fluid Dynamics) নিয়মের ব্যাপক পরিবর্তন হবে। গতির নিয়ম, সামুদ্রিক ঝড়, ঘূর্ণিঝড়, বায়ুপ্রবাহ ও আবহাওয়ার পূর্বাভাসের ক্ষেত্রে ঐক্যবদ্ধ নিয়ম প্রভাব ফেলবে। এগুলোর সাথে নতুন নিয়ম সংযোগ করতে হবে (গ্রন্থকারের 'আইনস্টাইন ও পদার্থবিজ্ঞানের ঐক্যবদ্ধ মতবাদ' পুস্তকের অধ্যায় ১৫-তে আলোচনা হয়েছে)।

হালকা একাধিক পরমাণুর সংমিশ্রণে কৃত্রিম উপায়ে ঘন ও মূল্যবান পরমাণু সৃষ্টি করা যায় অর্থাৎ হালকা মৌলের সমন্বয়ে ঘন মৌল সৃষ্টি করা যায়। ইতোমধ্যে বিজ্ঞানীগণ নিউক্লিয়ার বিক্রিয়ার (Nuclear Reaction) দ্বারা পরমাণুর পরিবর্তন সম্ভব করেছেন। নিউক্লিয়ার ফিজিক্সে ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতির ব্যবহার সম্পর্কে আলোচনা হয়। নিউক্লিয়ার ফিজিক্স থেকে আরো উন্নততর বিজ্ঞান চলে এসেছে, সেটা হলো রে-ফিজিক্স (Ray Physics)। রে-ফিজিক্সে বিভিন্ন ধরনের রে ব্যবহার হবে। আলফা, বিটা, গামা, এক্সরে ইত্যাদি রে-এর মতো আরো রে উদ্ভাবন সম্ভব হবে এবং নতুন নতুন ব্যবহার হবে। নিউক্লিয়ার ফিজিক্স থেকে উন্নততর ব্যবহার হবে রে-ফিজিক্স।

www.banglainternet.com

উপসংহারে বলা যায়, বৈজ্ঞানিক গবেষণা ও জাতীয় উন্নয়ন পরস্পর জড়িত। জাতীয় উন্নয়নের জন্য শিক্ষার সাথে গবেষণা যুক্ত করতে হবে। এভাবে তরুণ সমাজকে গবেষণার কাজে লাগাতে হবে এবং জাতীয় উন্নয়ন ত্বরান্বিত করতে হবে। ঐক্যবদ্ধ মতবাদ বলে দেয় গত কয়েক শতাব্দী ধরে যে সব বৈজ্ঞানিক তত্ত্ব আবিষ্কার হয়েছে তার উল্টো পিঠে আরো এক বা একাধিক আবিষ্কার রয়েছে। প্রতিটি আবিষ্কারের রহস্যের সাথে ঐক্যবদ্ধ মতবাদ যুক্ত করলে আবিষ্কারটি সম্পর্কে আরো অবহিত হওয়া যাবে। আজকের দিনে প্রধান কাজ হবে ঐক্যবদ্ধ মতবাদের আলোকে সকল বৈজ্ঞানিক তত্ত্ব ও আবিষ্কারগুলো মূল্যায়ন করা এবং তরুণ সমাজকে গবেষণা কাজে নিয়োজিত করা।

References

1. Abedin, M. Z., *A Handbook of Research*, Book Syndicate, Dhaka, 2005, P. 11
2, 3. Best J. W., and Kahn J.V., *Research in Education*, Prentice-Hall of India, New Delhi, 1986, P. 2-26

www.banglainternet.com

অধ্যায় ২১

সার সংক্ষেপ
(Summary)

পদার্থবিজ্ঞান এবং গণিতের সূত্রগুলোর মধ্যে ঐক্য সৃষ্টি করাই হচ্ছে ঐক্যবদ্ধ মতবাদ। আইনস্টাইন সর্বপ্রথম পদার্থের সাধারণ ধর্মগুলোকে সমন্বয় করে ঐক্যবদ্ধ মতবাদ রচনা করতে চেয়েছিলেন (Einstein wished to relate all the properties of matter in a unified field theory. -Strathern, 1997)[1]। বস্তুর সাথে সাধারণ ধর্মজড়িত এবং মহাকর্ষ সাধারণ ধর্মগুলোকে বৃত্তীয় নিয়মে নিয়ন্ত্রণ করছে। সেটাই ঐক্যবদ্ধ সূত্র। আসলে মহাকর্ষ সূত্র এবং জড়তার সূত্র মিলে একটা অভিন্ন সূত্র হবে। আইনস্টাইন বলেন যে পদার্থবিজ্ঞানের সূত্রগুলো সকল জড় কাঠামোতে একই নিয়মে হওয়া উচিত (Laws of nature should be the same in all co-ordinate systems. -Hawking, 1988)[2]। আইনস্টাইন আরো বলেন যে স্থানকাল বক্র এবং মহাকর্ষ বক্র। তাই মহাকর্ষ সকল গতিকে বাঁকিয়ে দেয় এবং গতি ক্রমান্বয়ে চলতে থাকলে বৃত্তীয় নিয়মে হয় এবং ত্বরণ সম্পন্ন হয়। আইনস্টাইন মহাকর্ষ সূত্র নিজের অজান্তে বৃত্তীয় নিয়মে দিয়েছিলেন কিন্তু ত্রুটিপূর্ণ হওয়ায় প্রতিষ্ঠিত হয়নি (অধ্যায় ১০)।

গ্যালিলিও বলেন যে পৃথিবী ও অন্যান্য গ্রহ সূর্যের চারদিকে ঘোরে। উপগ্রহগুলো গ্রহগুলোর চারদিকে ঘোরে। যানবাহন চক্র গতিতে চলে। তাই সার্বিকভাবে একটি বৃত্তীয় গতির সূত্র প্রণয়ন দরকার ছিলো। কিন্তু গ্যালিলিওর মৃত্যুর চারশত বছর পরেও সেই সূত্রটি আসেনি। বলতে গেলে বিজ্ঞানের গতির জগৎ সেই আদি রৈখিক গতিতে রয়ে গেছে, যেখানে পৃথিবী সমতল ধরা হয়েছে এবং বিশ্বের কেন্দ্র স্থলে অবস্থিত এবং গ্রহনক্ষত্র পৃথিবীকে আবর্তন করছে। এটা হতাশাজনক।

আজো পদার্থবিজ্ঞান ও গণিতের সূত্রগুলো একটা অভিন্ন বৃত্তীয় নিয়মে আনা হয়নি। প্রচলিত বিজ্ঞানের সকল সূত্র রৈখিক গতির উপর প্রতিষ্ঠিত (All our theories of science are formulated on the assumption that space-time is smooth and nearly flat.-Hawking,1988)[3]। ফলে এতদিন বিজ্ঞান ও গণিতে সমতলীয় জগতের একমুখী উন্নয়ন ঘটেছে। এটাকে বলা যায় মহাকর্ষহীন জড় জগতের সমতলীয় উন্নয়ন, এটা সার্বিক উন্নয়ন নয়। বিজ্ঞানের সার্বিক উন্নয়নের জন্য একমুখী উন্নয়ন বেশ কিছু বাধা সৃষ্টি করেছে। সে বাধাগুলো দূর করতে না

www.banglainternet.com

পারলে বিজ্ঞান ও গণিতের অগ্রগতি সম্ভব নয় এবং অভিন্ন সূত্রও সম্ভব নয়। বিজ্ঞান ও গণিতের পিছনে সামগ্রিক উন্নয়নে নিম্নের বাধাগুলো উল্লেখযোগ্য—১. গ্রিক সমতলীয় জ্যামিতির প্রভাব, ২. গ্যালিলিওর সূত্রাবলির প্রভাব, ৩. দ্বিধা বিভক্ত জগৎ, ৪. আইনস্টাইনের সমতুল্য নীতির প্রভাব, ৫. সমতুল্য নীতির ত্রুটিপূর্ণ পরীক্ষা ৬. রীম্যানীয় গোলকীয় জ্যামিতির প্রভাব না পড়া এবং ৭. গণিতে সোয়ার্জচাইল্ড ব্যাসার্ধ প্রতিষ্ঠা না হওয়া। (গ্রন্থকারের 'আইনস্টাইনের বিশ্ব' পুস্তকে এসব বিষয়ে আলোচনা হয়েছে)।

এখানে বিষয়গুলো সংক্ষেপে আলোচনা হলো—

গ্রিক সমতলীয় জ্যামিতি (Greek Plane Geometry)

প্রাচীন গ্রিকদের বিশ্বাস ছিলো পৃথিবী এই মহাবিশ্বের কেন্দ্রস্থলে অবস্থিত এবং আকাশের সকল জ্যোতিষ্ক পৃথিবীকে কেন্দ্র করে ঘুরছে। আর পৃথিবীটা হচ্ছে স্থির এবং থালার উল্টো পিঠের মতো চ্যাপ্টা। ইউক্লিড সমতলীয় জ্যামিতির বিক্ষিপ্ত সূত্রগুলোকে বিন্যাস করে বিখ্যাত ইলিমেন্টস (*Elements*) গ্রন্থ রচনা করেন। অন্যদিকে এই পৃথিবী হচ্ছে গোলক এবং ঘূর্ণনশীল। ইউক্লিডীয় সমতলীয় জ্যামিতি এই গোলক ও ঘূর্ণনশীল জগতে সার্থকভাবে প্রয়োগ করা যায় না (Euclidean geometry was no longer sufficient to describe the universe. -Strathern, 1997)[4]। তাই গ্রিক জ্যামিতি অগ্রগতির পথে বাধা সৃষ্টি করেছে। এখানে আইনস্টাইন প্রদর্শিত গোলকীয় জ্যামিতি সংশোধনপূর্বক প্রয়োগ করতে হবে।

গ্যালিলিওর সূত্রাবলি (Laws of Galileo)

গ্যালিলিওর যুগে মহাকর্ষ ভাবনা বিজ্ঞানীদের মধ্যে পুরোপুরি আসেনি। তাই গ্যালিলিওর পড়ন্ত বস্তুর সূত্র এবং সরল দোলকের সূত্রের মধ্যে মহাকর্ষ ধারণা প্রভাব বিস্তার করেনি। গ্যালিলিওর মহাকর্ষহীন ধারণা পরবর্তীকালে বিজ্ঞান ও গণিত জগতে বিপর্যয় সৃষ্টি করেছে। গ্যালিলিও পড়ন্ত বস্তুর সূত্রে উল্লেখ করেছেন, বায়ুশূন্য স্থানে সকল বস্তু স্থির অবস্থান থেকে সমগতিতে পতিত হয়। একটি ভারী এবং একটি হালকা বস্তু সমগতিতে পতিত হলো কেন? সেটার উত্তর নেই। প্রকৃতপক্ষে মহাকর্ষ সকল বস্তুর উপর ভর অনুপাতে প্রভাব বিস্তার করে। এখানে সমগতির পরিবর্তে দুটো বস্তুর ভরের সমানুপাতিক গতিতে বস্তুর পতন ধরতে হবে। গ্যালিলিওর ভ্রান্ত নীতি অনুসরণ করে নিউটন 'গিনি এবং পালক' পরীক্ষাতে বস্তুর সমগতিতে পতন উল্লেখ করেছেন। নিউটন আলাদাভাবে জড়তার সূত্র ও মহাকর্ষ সূত্র রচনা করেছিলেন। গ্যালিলিও-নিউটনের ভ্রান্ত নীতি অনুসরণ করে আইনস্টাইন জড়তার সূত্র এবং মহাকর্ষসূত্রকে সমকক্ষ ধরে সমতুল্য নীতি প্রণয়ন

www.banglainternet.com

করেন। সমতুল্য নীতির ধারণা বিজ্ঞান ও গণিতের উন্নয়নে বিপর্যয় সৃষ্টি করেছে (অধ্যায় ১৭)।

দ্বিধা বিভক্ত জগৎ (Divided World)

গ্যালিলিও-নিউটন গতির ধারণার সূত্রপাত করেন। তবে গতির ধারণার উপর ইউক্লিডীয় রৈখিক জ্যামিতির প্রভাব পড়েছে। এখানে জড় জগৎ এবং মহাকর্ষ জগৎ আলাদা। সমতলীয় জগতে ত্বরণ গতি হয় না। কারণ মহাকর্ষহীন সমতলীয় জগতে যে বল প্রয়োগ করা হয় সেখানে মহাকর্ষ প্রভাব যুক্ত হয় না এবং ত্বরণও আসে না। তবে জড়তার সূত্র এবং মহাকর্ষ সূত্র একত্র যুক্ত করলে গতির ত্বরণ আসে।

চিরায়ত বলবিজ্ঞানে গতির দ্বিতীয় সূত্রে F=ma (বল = ভর × ত্বরণ) কীভাবে ত্বরণ আসে, সে সম্পর্কে কোনো আভাস ইঙ্গিত নেই। এটা আসলে অভিকর্ষীয় ত্বরণ। জড়ের নিজস্ব ত্বরণ নেই, অভিকর্ষ থেকে ত্বরণ প্রাপ্ত হয়। গতির ত্বরণ কীভাবে সৃষ্টি হয় সে সম্পর্কে চিরায়ত বলবিজ্ঞানে নির্দেশনা নেই। জোড়াতালি দিয়ে ত্বরণ সৃষ্টি করা হয়েছে। চিরায়ত বলবিজ্ঞানে গতির তৃতীয় সমীকরণে ত্বরণ (f) স্থলে গতির দ্বিতীয় সমীকরণের ত্বরণ $f = (\frac{v-u}{t})$ বসিয়ে ত্বরণ বের করতে হয়। এই ধরনের হিসাবের কোনো ব্যাখ্যা নেই (অধ্যায় ১২, ১৩)।

আইনস্টাইনের সমতূল্য নীতি (Principle of Equivalence)

চিরায়ত বলবিজ্ঞানে দুটো জগত রয়েছে। একটি হচ্ছে জড় জগৎ এবং অন্যটি মহাকর্ষ জগৎ। আসলে দুটো জগৎ মিলে এক অভিন্ন বিশ্ব। অভিন্ন বিশ্বের জন্য এক অভিন্ন সূত্র হবে। আইনস্টাইন চিরায়ত বলবিজ্ঞানের অনুকরণে জড়তার সূত্র এবং মহাকর্ষ সূত্র সমকক্ষ ধরে সমতুল্য নীতি রচনা করেছেন। তিনি সমতুল্য নীতি রচনা করে আলাদা দুটো জগৎকে স্বীকৃতি দিয়ে বিজ্ঞান ও গণিত জগতে বিপর্যয় সৃষ্টি করেছেন (অধ্যায় ১৪)।

সমতুল্য নীতির পরীক্ষা (Experiment of Principle of Equivalence)

বিংশ শতাব্দীতে রোনাল্ড ইয়টভস, রবার্ট ডিকি এবং ইগোর ব্রিজিনস্কি প্রমুখ বিজ্ঞানীদের মহাকর্ষ ভর ও জড় ভরের সমতুল্য নীতির উপর পরীক্ষা চালান। এই পরীক্ষার সাথে গ্যালিলিওর পড়ন্ত বস্তুর সূত্রে দুটো বস্তুর সমগতিতে পতন সম্পর্ক যুক্ত ছিলো। কিন্তু পরীক্ষণের উপাদান যথাযথ না হওয়ায় সঠিক ফলাফল আসেনি। তাঁদের পরীক্ষা সম্পর্কে সমালোচনা করা হয় যে পরীক্ষার উপাদানগুলো ছিলো হালকা প্লাটিনাম ও এলুমিনিয়াম ধাতব পাত অথবা হালকা সোনা ও এলুমিনিয়াম পাত, ফলে মহাকর্ষ প্রভাবের তারতম্য পাওয়া যায়নি। এছাড়া একই স্থানে একই

www.banglainternet.com

ধরনের দুটো বস্তুর উপর পরীক্ষা মহাকর্ষ ভর ও জড় ভর সমান আসবে। এই পরীক্ষায় গ্যালিলিওর পড়ন্ত বস্তুর সূত্রের সাথে কোনো মিল ছিলো না। তবে দুটো উপাদান পতনশীল হলে এবং একটি অধিক ভর বিশিষ্ট ও অন্যটি কম ভর বিশিষ্ট হলে মহাকর্ষ প্রভাবের পার্থক্য হতো (অধ্যায় ১৩)।

রীম্যানীয় রৈখিক ও গোলকীয় জ্যামিতি
(Riemannian Linear and Spherical Geometry)

জার্মান গণিতবিদ রীম্যান একাধারে তিনমাত্রিক রৈখিক ও গোলকীয় জ্যামিতির উদ্ভাবক ছিলেন। এই জ্যামিতির নির্দিষ্ট সংখ্যক N মাত্রা ছিলো অপার সম্ভবনাময় আবিষ্কার। কিন্তু দুঃখজনক হলো সেটা রীম্যানের সমসাময়িক কালে এবং পরবর্তীকালে গণিতবিদগণ অনুধাবন করতে পারেননি। রীম্যানীয় দুই ধরনের গোলকীয় স্থানাঙ্ক হলো—ত্রিমাত্রিক ম্যাট্রিক টেন্সর এবং গোলকীয় স্থানাঙ্ক। সোয়ার্জচাইল্ড গোলকীয় স্থানাঙ্ক দ্বারা বুধ গ্রহের অনুসূরের অগ্রগমন পরিমাপ করেছিলেন। অথচ আইনস্টাইন প্রবর্তিত মহাকর্ষ সমীকরণ দ্বারা সেটা সম্ভব হয়নি। কারণ সেটা ত্রুটিপূর্ণ ছিলো।

১. ত্রিমাত্রিক জগতে কার্টেসীয় স্থানাঙ্ক (x, y, z) দ্বারা সমীকরণ সাজাতে হয়। রীম্যানীয় জগতে এই ধরনের জ্যামিতি রৈখিক জ্যামিতি নামে পরিচিত। রীম্যানীয় ত্রিমাত্রিক জগতে রৈখিক স্থানাঙ্কের প্রকাশকে রেখ উপাদান (Line element) বলা হয়।

$$\text{উদাহরণ—} ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2$$

২. রীম্যান ত্রিমাত্রিক রৈখিক স্থানাঙ্ক (x, y, z)কে দু'ভাবে গোলকীয় জ্যামিতিতে রূপান্তর করেন। একটি হলো মেট্রিক টেন্সর। এই টেন্সরকে N সংখ্যক মাত্রায় রূপান্তর করে গোলকীয় স্থানাঙ্ক সৃষ্টি করা হয়। ত্রিমাত্রিক রৈখিক স্থানাঙ্ককে N মাত্রায় রূপান্তর প্রক্রিয়াকে ম্যাট্রিক টেন্সর বলা হয়। অন্যটি হলো (x, y, z) কার্টিসান স্থানাঙ্ককে (r, θ, ⊙) গোলকীয় স্থানাঙ্কে রূপান্তর করা (অধ্যায় ৭)।

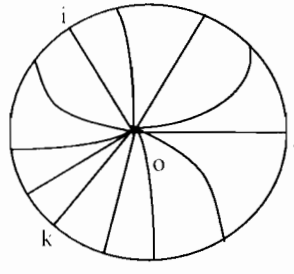
মেট্রিক টেন্সর (Metric Tensor)

রীম্যান ত্রিমাত্রিক মেট্রিক টেন্সরে দেশকালকে N সংখ্যক মাত্রা ধরে গোলকীয় স্থানাঙ্কে রূপান্তর করেছেন। রীম্যানের এই ধরনের টেন্সর উত্তর-ইউক্লিডীয় জ্যামিতি হিসেবে গণ্য হয়। আপেক্ষিকবাদে এটা পুরোপুরিভাবে অনুধাবন না করে বলা হয় যে রীম্যান কর্তৃক উদ্ভাবিত উত্তর ইউক্লিডীয় জ্যামিতি গোলকীয় এবং আবর্তনশীল জগতকে ব্যাখ্যা দেয়ার জন্য যথেষ্ট নয় (Non-Euclidean geometry by Riemann had been considered utterly brilliant but utterly impractical -Strathern, 1997)[5]। রীম্যানকে না বুঝে এই অপবাদ দেওয়া হয়েছে। আসলে

www.banglainternet.com

রীম্যানীয় জ্যামিতি সঠিক ছিলো। কারণ রীম্যান ত্রিমাত্রিক রৈখিক স্থানাঙ্ককে গোলকীয় স্থানাঙ্কে রূপান্তর করেছিলেন। এই গোলকীয় দেশকালের সাথে সময়কে চতুর্থমাত্রা হিসেবে যোগ করে ঘুর্ণনশীল জগতে রূপান্তর করা যায়। এটা সে যুগে জানা ছিলো না। রীম্যানীয় মেট্রিক যে দেশকাল নির্দেশ করে সেটা গোলকীয় দেশকাল। সমতলে বাহুগুলো রৈখিক হয়, আর গোলকে বাহুগুলো গোলকীয় হয়। রীম্যানীয় (i, j, k) মাত্রা গোলকীয় স্থানাঙ্কে N-Dimension-এ রূপ নিয়েছে। প্রতিটি গোলকীয় স্থানাঙ্কে N মাত্রা যুক্ত হয়। ম্যাট্রিক টেন্সরে এই মাত্রাগুলো সূচকে রূপান্তরিত হয়। এখানে প্রতিটি একটি সুচক (Index) এবং প্রতিটি সূচক একটি গোলক। এটা রীম্যানেরই সৃষ্টি। N বাহুগুলো কেন্দ্র থেকে বিস্তার লাভ করে এবং গোলকীয় ক্ষেত্র সৃষ্টি করে। মাত্রা যত অধিক হবে বৃত্তটি তত নিখুঁত হবে এবং নিম্নের চিত্রে (চিত্র ১১) মোট ১২টি মাত্রা রয়েছে (অধ্যায় ৬)। চিত্রটি একটি পুরো গোলক (Curvilinear Coordinates-Spiegel, 1974)[6]।

উদাহরণ—$ds^2 = g_{ijk} dx^i\, dx^j\, dx^k$ (i, j, k = 1,2,3)



চিত্র ১১ : একটি গোলকের N সংখ্যক মাত্রা

গোলকীয় স্থানাঙ্ক (Spherical coordinates)

কার্টেসীয় স্থানাঙ্ক থেকে গোলকীয় স্থানাঙ্কে দেশকাল রূপান্তরের বিধিমালা রয়েছে।

এখানে–

$$x = r\sin\theta\cos\phi$$
$$y = r\sin\theta\sin\phi$$
$$z = r\cos\phi$$

কার্টেসীয় স্থানাঙ্ক (x, y, z)কে গোলকীয় স্থানাঙ্ক (r, θ, ϕ)-এ রূপান্তর হয়। সমতলকে গোলকীয়তলে পরিবর্তন করা হলো গোলকীয় স্থানাঙ্ক। এই সমীকরণকে রীম্যানীয় গোলকীয় রেখ উপাদান বলা হয়। বলা হয়ে থাকে রীম্যানীয় গোলকীয়

www.banglainternet.com

স্থানাঙ্ক এবং গাউসীয় বক্রতলীয় স্থানাঙ্ক একই পর্যায়ভুক্ত (The Riemannian curvature is equal to the Gaussian curvature. –Synge and Schild, 1969)[7]। সত্যিকারভাবে এই দুটো স্থানাঙ্ক এক নয়। রীম্যানীয় স্থানাঙ্ক গোলকীয় এবং গাউসীয় স্থানাঙ্ক বক্রতলীয়। গাউসীয় স্থানাঙ্কে সময় যুক্ত করা সম্ভব নয়। দুটোর সমীকরণও ভিন্ন। রীম্যানীয় গোলকীয় স্থানাঙ্কে (r, θ, o) যুক্ত থাকে এবং N মাত্রায় গোলকীয় স্থানাঙ্কে সময় (t) যুক্ত হলে ঘূর্ণন গতিতে রূপ নেয়। আর গাউসীয় সমীকরণে সমাকলন ব্যবহার হয় (অধ্যায় ৭)। নিম্নে রীম্যানীয় গোলকীয় ও গাউসীয় বক্রতলের সমীকরণ দেয়া হলো—

রীম্যানীয় সমীকরণ— $ds^2 = dr^2 + r^2 d\theta^2 + r^2 \sin^2 \theta d\phi^2$

গাউসীয় সমীকরণ— $\iint_s A.nds$-এর মান নির্ণয় কর।

ক্রিস্টোফেল প্রতীক (Christoffel's symbols)

গণিতবিদ ক্রিস্টোফেল দু' ধরনের প্রতীক উদ্ভাবন করেন। এদেরকে ক্রিস্টোফেল সিম্বল বলা হয়। এখানে দুধরনের সিম্বলকে একত্রে যুক্ত করা হয়েছে। ক্রিস্টোফেল সিম্বল টেন্সর নয় কিন্তু ধাপে ধাপে পরিবর্তন করে এদেরকে টেন্সরে রূপান্তর করা হয়েছে। ক্রিস্টোফেল গোলকীয় স্থানাঙ্ক সৃষ্টির জন্য এই প্রতীকের আয়োজন করেছিলেন। আসলে রীম্যানীয় গোলকীয় টেন্সরের সাথে ক্রিস্টোফেল প্রতীক যুক্ত করার প্রয়োজন ছিলো না। এটা টেন্সরকে ভ্রান্ত পথে নিয়ে গেছে। প্রতীক দুটি নিম্নরূপ—

ক্রিস্টোফেল প্রতীক প্রথম প্রকার—

$$[jk,l] = \Gamma_{l,jk} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial g_{jk}}{\partial x^k} + \frac{\partial g_{kl}}{\partial x^j} - \frac{\partial g_{jk}}{\partial x^l}\right)$$

ক্রিস্টোফেল প্রতীক দ্বিতীয় প্রকার—

$$\left\{\frac{l}{jk}\right\} = \Gamma^l_{.jk} = \frac{1}{2} g^{lm}\left(\frac{\partial g_{jm}}{\partial x^k} + \frac{\partial g_{km}}{\partial x^j} - \frac{\partial g_{jk}}{\partial x^m}\right)$$

www.banglainternet.com

জিওডিসিক স্থানাঙ্ক (Geodesic coordinates)

ইউক্লিডীয় তিনমাত্রিক দেশকালে দুটি বিন্দুর স্বল্পতম দূরত্ব হচ্ছে সরলরেখা। এই মৌলিক ধারণাকে রীম্যানীয় জগতে সাধারণীকরণ করা হয়েছে। রীম্যানীয় জগতে যে কোনো দুটি বিন্দুর স্বল্পতম দূরত্বই হচ্ছে জিওডিসিক (In Euclidean three dimensional space the path of shortest distance between two fixed points is a straight line... The path of extremum (maximum or minimum) distance between any two points in Riemannian space is called the geodesic. –Prakash, 1990)[8]।

স্থানাঙ্ক পদ্ধতি x^l-কে পোল p_o সাপেক্ষে জিওডিসিক স্থানাঙ্ক বলা হয়, যেখানে সকল ক্রিস্টোফেল প্রতীক p_o বিন্দুতে শূন্য হয়। বিয়ানকি আইডেনটিটিজ সমীকরণে জিওডিসিক স্থানাঙ্ক কাজে লাগানো হয়েছে। জিওডিসিক স্থানাঙ্কের উদাহরণ হলো—

$$\Gamma_{l.jk} = \Gamma^{l}{}_{jk} = 0 \text{ at the point of } p_o$$

রীম্যান-ক্রিস্টোফেল গোলকীয় টেন্সর
(Riemann -Christoffel Curvature Tensor)

রীম্যান গোলকীয় টেন্সর উদ্ভান করেছিলেন। তাই রীম্যানীয় টেন্সরের সাথে ক্রিস্টোফেল প্রতীক যুক্ত করে রীম্যান-ক্রিস্টোফেল গোলকীয় টেন্সর সৃষ্টির প্রয়োজন ছিলো না। রীম্যান-ক্রিস্টোফেল গোলকীয় টেন্সর দুভাবে সঙ্কুচিত হয়। একটি পদ্ধতিতে শুন্য (0) টেন্সর হয় এবং অপরটিতে রিচি টেন্সর হয়। এতে প্রতীয়মান হয় যে মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে শূন্য (0) টেন্সরে রৈখিক গতি পরিমাপ হয়, আর মহাকর্ষ ক্ষেত্রে রিচি টেন্সর গোলকীয় গতি পরিমাপ হয় (There are only two ways of contracting Riemann Christofell tensor, one way leads to Ricci tensor while the other way leads to a zero tensor. –Prakash, 1985)[9]। আইনস্টাইন রিচি টেন্সর নিয়ে কাজ করেছেন (অধ্যায় ৭)। এখানে শূন্য টেন্সর ও রিচি টেন্সর এর উদাহরণ দেয়া হলো—

শূন্য টেন্সর— $R^{\lambda}{}_{.\mu\nu\sigma} = 0$

রিচি টেন্সর— $R_{\mu\nu} = R_{\nu\mu}$

রিচি টেন্সর (Ricci Tensor)

গণিতবিদ গ্রেগরি রিচির নামানুসারে এই সমীকরণের নামকরণ করা হয়। রীম্যান-ক্রিস্টোফেল টেন্সর থেকে সংকোচন প্রক্রিয়ার রিচি টেন্সর নির্ণয় করা হয়। রিচি

www.banglainternet.com

টেন্সর থেকে বিয়ানকি আইডেনটিটিজ টেন্সর হয়। উপরে রিচি টেন্সরের উদাহরণ দেওয়া হলো।

বিয়ানকি আইডেনটিটিজ (Bianchi Identities)

জিওডিসিক স্থানাঙ্ক পদ্ধতিকে ব্যবহার উপযোগী করার জন্য জিওডিসিক স্থানাঙ্ক সংযোগে বিয়ানকি আইডেনটিটিজ পদ্ধতি চালু করা হয়েছিলো। জিওডিসিক স্থানাঙ্ক পদ্ধতিতে ক্রিস্টোফেল উভয় প্রতীক শূন্য হয়। কিন্তু এদের ডেরিভেটিভস্‌গুলো অবশিষ্ট থাকে। (Here for the sake of simplicity geodesic co-ordinate system would be used and established an important identity known as the Bianchi Identity. At the pole of geodesic co-ordinate system, both kinds of Christofells' symbols vanish, but not necessarily their derivatives. –Prakash, 1985)[10]। এখানে ক্রিস্টোফেল উভয় প্রতীক শূন্য হলেও ডেরিভেটিভসগুলো অবশিষ্ট থাকে। এই ডেরিভেটিভসগুলো মহাকর্ষ ক্ষেত্রে গোলকীয় জ্যামিতি সৃষ্টি করার মতো পর্যাপ্ত ছিলো না। সোয়ার্জচাইল্ডের ব্যাখ্যা অনুসারে এই সমীকরণটিতে গোলকীয় স্থানাঙ্ক (r, θ, ϕ), ব্যাসার্ধ বল, ধ্রুবক বল এবং বৃত্তীয় ত্বরণ যুক্ত ছিলো না। সোয়ার্জচাইল্ড রীম্যানীয় গোলকীয় স্থানাঙ্ক ব্যবহার করেছিলেন। গোলকীয় জ্যামিতিতে প্রতিক্রিয়াশীল বলের লব্ধি শূন্য হয় না, লব্দির সর্বদাই ত্বরণ বা মন্দন হয় (The resultant force on a body can never be zero and it is always in the form of acceleration or retardation.–Tajuddin and Biswas, 2005)[11]। বিয়ানকি আইডেনটিটিজ সমীকরণের উদাহরণ হলো–

$$R^{\lambda}{}_{\mu\nu\sigma;\rho} + R^{\lambda}{}_{\mu\sigma\rho;\nu} + R^{\lambda}{}_{\mu\rho\nu;\sigma} = 0.$$

আইনস্টাইন টেন্সর (Einstein Tensor)

আইনস্টাইন গোলকীয় জগতের বাইরে মহাশূন্যে মহাকর্ষ সমীকরণ রচনা করেন। এই মহাশূন্য জগত হচ্ছে ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ফিল্ড এবং পার্থিব জগতের বাইরে অবস্থিত (This is empty space without electromagnetic field and without matter. –Hawking, 2007)[12]। প্রকৃত পক্ষে এটা ছিলো কাল্পনিক জগৎ। বাস্তবে এমন কোন জগৎ হয় না। তিনি মহাকর্ষ সমীকরণে সূর্যের চারদিকে ক্ষুদ্র কণিকার গোলকীয় সমীকরণ দিয়েছিলেন। আইনস্টাইনের সার্বিক আপেক্ষিকবাদে মহাকর্ষ সূত্র প্রমাণের তিনটি অনুমিত সিদ্ধান্তের একটি ছিলো বুধ গ্রহের অনুসুরের অগ্রগমন পরিমাপ করা। কিন্তু এই মহাকর্ষ সমীকরণ দিয়ে বুধ গ্রহের অনুসুরের অগ্রগমন পরিমাপ করা সম্ভব হয়নি কারণ সমীকরণটি ত্রুটিপূর্ণ

www.banglainternet.com

ছিলো। আসলে সমীকরণটি ছিলো নিউটনীয় এবং তাতে শূন্য টেন্সর হয় ($R_{\mu\nu}= 0$)।

সোয়ার্জচাইল্ড ব্যাখ্যা থেকে জানা যায় যে আইনস্টাইন সার্বিক আপেক্ষিকবাদে গোলক জগতের বাইরে মহাশূন্যে এবং গোলক জগতের ভিতরে আলাদা সমীকরণ দিয়েছিলেন। আসলে মহাকর্ষ সমীকরণের দুই বিপরীতধর্মী ব্যাখ্যা হয় না। প্রথমত সোয়ার্জচাইল্ডের উভয় সমীকরণে শূন্য টেন্সর হয়। শূন্য টেন্সর হচ্ছে সমীকরণের দুই পক্ষ সমান, তাতে ত্বরণ গতি সৃষ্টি হয় না। দ্বিতীয়ত সোয়ার্জচাইল্ড নিজের অলক্ষে বহিঃসমাধানে ত্বরণ টেন্সর ব্যবহার করেছেন। গোলকীয় গতি পরিমাপের জন্য ত্বরণ টেন্সর হয় এবং এই টেন্সর দিয়ে বুধ গ্রহের অনুসূরের অগ্রগমন পরিমাপ করা হয়েছিলো। শূন্য টেন্সরে নিউটনীয় সমীকরণ হয় এবং ত্বরণ টেন্সরে গোলকীয় সমীকরণ হয়। গোলকীয় সমীকরণে উপাদান হিসেবে থাকে জড়বল, মহাকর্ষ বল, ব্যাসার্ধ বল, বৃত্তীয় ত্বরণ ও ও সময় কিন্তু আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সমীকরণে উপরোক্ত উপাদানগুলো অনুরূপভাবে ছিলো না। গোলকীয় গতি পরিমাপে সোয়ার্জচাইল্ড ব্যাসার্ধ থাকা চাই। এই সমীকরণে সে ধারণা ছিলো না। এছাড়া কোনো সমীকরণে সময় যুক্ত করলে যে গোলকীয় গতি সৃষ্টি হয়, সে ধারণাও তখনকার দিনে অনুপস্থিত ছিলো। এসব কারণে আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সমীকরণ সঠিক হয়নি। আইনস্টাইন মহাকর্ষ ক্ষেত্রে শূন্য টেন্সর ব্যবহার করে ভুল করেছিলেন। আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সমীকরণ সংশোধন করতে হলে তৎকালীন জ্যামিতির ধারাকেই সংশোধন করতে হবে কারণ সে জ্যামিতিক ধারা ছিলো পুরাতন এবং সেকেলের। এটা ছিলো বিজ্ঞান ও গণিত জগতে এক বিরাট বিপর্যয় (অধ্যায় ১৮)।

আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সমীকরণটি হলো— $G^{\mu}_{\nu} = R^{\mu}_{\nu} - \frac{1}{2}\delta^{\mu}_{\nu} R$

সোয়ার্জচাইল্ড সমাধানের বৈশিষ্ট্য
(Schwarzschild Singularities)

আইনস্টাইন মহাশূন্য সমীকরণ গতানুগতিক নিয়মে সমাধন করেছিলেন বিধায় জটিল। সোয়ার্জচাইল্ড আইনস্টাইনের মহাশূন্য সমীকরণ প্রথম সমাধান করেছিলেন। সোয়ার্জচাইল্ড মহাশূন্য সমীকরণকে বহিঃসমাধান ও অন্তঃসমাধান দ্বারা ব্যাখ্যা করেছেন। তিনি গোলকীয় গতির পরিধি পরিমাপে কণিক জ্যামিতির উপবৃত্তীয় সমীকরণের নাভি লম্ব ব্যবহার করেছেন। এই নাভি লম্ব ব্যাস নামে পরিচিত এবং এই ব্যাস থেকে ব্যাসার্ধ এসেছে। এটা সোয়ার্জচাইল্ড ব্যাসার্ধ নামে পরিচিত। এই ব্যাসার্ধ গোলকীয় গতির পরিমাপ নিয়ন্ত্রণ করে। এখানে বহিঃসমাধান ও অন্তঃসমাধান প্রদত্ত হলো।

www.banglainternet.com

সোয়ার্জচাইল্ডের বহিঃসমাধান নিম্নরূপ (Exterior solution)

$$ds^2 = -\left(1-\frac{2m}{r}\right)^{-1} dr^2 - r^2 d\theta^2 - r^2 \sin^2\theta d\phi^2 + \left(1-\frac{2m}{r}\right) dt^2.$$

(বিস্তারিত দেখুন, অধ্যায় ৮, ১৮)

এই সমীকরণে $dr^2+r^2d\theta^2+ r^2\sin^2\theta d\phi^2$ = গোলকীয় স্থানাঙ্ক, r ব্যাসার্ধ বল = 2m বস্তুকণার উপর মহাকর্ষ প্রভাব বোঝানো হয়েছে এবং dt দ্বারা সময় বোঝানো হয়েছে।

সোয়ার্জচাইল্ডের অন্তঃসমাধান নিম্নরূপ—

$$\text{Interior solution, } \frac{r_1^2}{R_0^2} < 1 \text{ i.e. } r_1^2 < \frac{3}{8} \pi\rho_0$$

$$\text{and } \frac{2m}{r_1} < 1 \text{ i.e. } 2m < r_1$$

এই সমীকরণে $1 > 2m/r$ & $r > 2m$ বোঝানো হয়েছে। এখানে $1 > 2m/r$ ধারণা বিশেষ আপেক্ষিকবাদ থেকে নেয়া হয়েছে এবং এটা নিউটনীয়। যদি $1 > 2m/r$ হয়, তবে $2m/r$ কীভাবে বিশ্ব নিয়ন্ত্রণ করবে? মহাকর্ষ সূত্রে $2m/r$ দ্বারা আলোর বেগ নিয়ন্ত্রণ করতে হবে। মহাকর্ষ আলোর বেগ থেকে অধিক প্রভাবশালী। ঐক্যবদ্ধ সূত্রে সেটা প্রয়োগ করা হয়েছে। এখানে 1 আলোর বেগ, m ভর এবং r ব্যাসার্ধ বোঝানো হয়েছে।

সোয়ার্জচাইল্ডের উভয় সমাধানে কয়েকটি বৈশিষ্ট্য রয়েছে :

১. সোয়ার্জচাইল্ড সমাধানে প্রথম বৈশিষ্ট্য হচ্ছে—$r = 0$, যা চিরায়ত বলবিজ্ঞানে একই বৈশিষ্ট্য রয়েছে। এখানে r ব্যাসার্ধ বল। এই সূত্র মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে প্রযোজ্য হয়। মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে গতির সমীকরণে এক পক্ষ শূন্য হলে ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সমান হয়। একই কারণে আইনস্টাইন টেন্সর শূন্য হয়। শূন্য টেন্সরের ধারণা নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্রে প্রকাশ পেয়েছে।

২. সোয়ার্জচাইল্ড বহিঃসমাধানের আরো একটি বৈশিষ্ট্য রয়েছে, সেটা হলো r দূরত্বে $1-\frac{2m}{r} = 0$ অর্থাৎ $r = 2m$। এখানে r ব্যাসার্ধ বল এবং m ভর। এই r ব্যাসার্ধ সোয়ার্জচাইল্ড ব্যাসার্ধ নামে পরিচিত। সোয়ার্জচাইল্ড সমীকরণটিতে $0 \le r \le 2m$, $ds^2 < 0$ বোঝায়। এই $r = 2m$ একটি বিচ্ছিন্ন কণিকার সীমা নির্ধারণ

www.banglainternet.com

করে এবং সমাধানে একটি মহাশূন্য নির্দেশ করে, যা গোলকীয় বস্তু জগতের বাইরে অবস্থিত। এই মহাশূন্য জগৎ হচ্ছে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ফিল্ড এবং পার্থিব জগতের বাইরে অবস্থিত (This is empty space without electromagnetic field and without matter. -Hawking, 2007)[13]। বাস্তবে এমন কোনো জগৎ হয় না।

অন্যদিকে সোয়ার্জচাইল্ডের অলক্ষে আরেকটি গাণিতিক ধারণা চলে এসেছে। সেখানে শূন্য টেন্সরের পরিবর্তে ত্বরণ টেন্সরের ধারণা চলে এসেছে। এই ত্বরণ টেন্সরের মাধ্যমে সোয়ার্জচাইল্ড বুধ গ্রহের অগ্রগমন পরিমাপ করেন। গোলকীয় বস্তু জগতে r >2m যেখানে r ব্যাসার্ধ 2m থেকে বৃহত্তর এবং m ভরকে নিয়ন্ত্রণ করে (whose radius must be greater than 2m.-Prakash, 1985)[14]। তবে একই সাথে শূন্য টেন্সর ও ত্বরণ টেন্সর ব্যবহার করা যাবে না। ঐক্যবদ্ধ সূত্রে ত্বরণ টেন্সর ব্যবহার করা হয়েছে (অধ্যায় ১৮)

গ্রহগুলোর বৃত্তীয় গতি (Planetary orbits)

মহাকর্ষ ক্ষেত্রে সূর্যের চারদিকে গ্রহগুলোর বৃত্তীয় গতির সমীকরণ সোয়ার্জচাইল্ডের বহিঃসমাধানে প্রকাশ করেন। গ্রহগুলোকে মুক্ত কণিকা এবং মহাকর্ষ ক্ষেত্রে সূর্যকে আকর্ষণকারী বস্তু হিসেবে ধরা হয়েছে। গ্রহগুলোর বৃত্তীয় গতির সমীকরণে গাণিতিক পরিভাষা যেমন কৌণিক ভরবেগ, পরিধি, পাই ও ধ্রুবক সংযোগ করা হয়েছে। এতে ত্বরণ গতি চলে আসে। এখানে h কে কৌণিক ভরবেগ ধরা হয়েছে। গ্রহের ঘূর্ণনগতির সমীকরণ (টেবল 8) প্রদত্ত হলো—

$$\frac{d^2u}{d\phi^2} + u = \frac{m}{h^2} + 3mu^2 - \frac{1}{3}.\frac{\Lambda}{h^2u^3}.$$

এখানে গাণিতিক পরিভাষাগুলো হচ্ছে :

$$\theta = \frac{\pi}{2}$$

(Circumference by diameter)

$$r^2\frac{d\phi}{ds} = \frac{d^2u}{d\phi^2} =$$

h (Angular momentum)

$$e^{\nu}\frac{dt}{ds} = k$$

(Constant)

www.banglainternet.com

Λ = Cosmological Constant.	
$3mu^2$ = Newtonian term can be neglected	
m = Mass	

টেবল ৪ : ঘূর্ণনগতি সমীকরণ

গ্রহগুলোর অনুসুরের অগ্রগমন
(Advancement of Perihelions of the Planets)

গ্রহগুলো সূর্যের চারদিকে উপবৃত্তাকার কক্ষপথে ঘোরে। গ্রহের সূর্যের কাছে অবস্থানকে অনুসূর বলে এবং সূর্য থেকে সবচেয়ে দূরের অবস্থানকে অপসূর বলে। গ্রহগুলো প্রতিবার ঘুরে আসার পর অনুসূরের কিছু অগ্রগমন হয়, একেই বলে অনুসূরের অগ্রগমন। সার্বিক আপেক্ষিকবাদ প্রমাণের জন্য আইনস্টাইন বুধ গ্রহের অনুসূরের অগ্রগমনকে একটি অনুমিত সিদ্ধান্ত হিসেবে ধরেছেন কিন্তু মহাকর্ষ সূত্র দ্বারা সেটা পরিমাপ করতে পারেননি। সোয়ার্জচাইল্ড বুধ গ্রহের অনুসূর অগ্রগমন পরিমাপ করেছিলেন কনিক জ্যামিতির গাণিতিক নিয়ম ব্যবহার করে। সে সমীকরণ বহিঃসমাধান নামে পরিচিত। এখানে L= নাভি লম্ব, e = বিকেন্দ্রিকতা, c আলোর গতি এবং কেপলার সূত্র ব্যবহার করা হয়েছে। বুধ গ্রহের অগ্রসরমানের সমীকরণ (টেবল ৫) নিম্নরূপ—

$$\delta\omega = \frac{24\pi^3 a^2}{c^2 T^2 (1-e^2)}$$

$$= \frac{244\pi^3 \times (.6\times10^8)^2}{(3\times10^{10})^2 (88\times24\times3600)^2 (1-.04)} \times \frac{365\times100}{88}$$

$$= \frac{24(180\times3600)^3 (.6\times10^8)^2}{9\times10^{20}\times(88\times24\times3600)\times.96}$$

$$= 43 \text{seconds}$$

এখানে গাণিতিক পরিভাষাগুলো হচ্ছে—

$\delta\omega = \frac{3m^2\phi}{h^2}$ (Its a very

T= Time period of the planet (Kepler's third law) = 88 days

e= Eccentricity of the orbit= 0.2

$(1-e^2)$=Semi Latus ructum

www.banglainternet.com

	a= Semi-major axis = 0.6×10^8 km c = velocity of light (3×10^6 m/sec)

টেবল ৫ : বুধ গ্রহের অগ্রসরমানের সমীকরণ

সোয়ার্জচাইল্ডের বহিঃসমাধান অনুসারে বুধগ্রহের ১০০ বছরের অগ্রসরমান পরিমাণ ৪৩" সেকেন্ড নির্ধারণ করেন। নিরক্ষরেখার উপর ১° দ্রাঘিমার রৈখিক দূরত্ব প্রায় ১১১.২৬ কিলোমিটার। তাহলে ৪৩" সেকেন্ড সমান দূরত্ব দাঁড়ায় ১.৩২ কিমি। সোয়ার্জচাইল্ড বুধ গ্রহের অনুসৃরের অগ্রগমন পরিমাপে বৃত্তীয় গতি ব্যবহার করেন। সোয়ার্জচাইল্ডের বৃত্তীয় গতির সাথে ঐক্যবদ্ধ মতবাদের সূত্রে আকরিক মিল রয়েছে।

গোলকীয় গতি ও রৈখিক গতি (Spherical and Linear Velocity)

মহাকর্ষ ক্ষেত্রে গোলকীয় গতি হয়। আর গোলকীয় সূত্রই হচ্ছে ঐক্যবদ্ধ সূত্র। ঐক্যবদ্ধ সূত্রে $2\pi r$ সূত্র নিহিত। মোট ছয়টি উপাদানে ঐক্যবদ্ধ সূত্র গঠিত হয়। এই উপাদানগুলো হচ্ছে জড় বল, মহাকর্ষ, অভিকর্ষ, ব্যাসার্ধ বল, বৃত্তীয় ত্বরণ ও সময়। মহাকর্ষ ক্ষেত্রে গোলকীয় গতি সৃষ্টি হয়, আর মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে রৈখিক গতি সৃষ্টি হয়।

মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে রৈখিক গতি হয়। রৈখিক গতি যে সময়ে মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে $2r$ (ব্যাস) দূরত্ব অতিক্রম করে সে সময়ে মহাকর্ষ ক্ষেত্রে গোলকীয় গতি $2\pi r$ (পরিধি) দূরত্ব অতিক্রম করে। নিউটনীয় গতি রৈখিক নিয়মে সৃষ্টি হয়। রৈখিক গতি ও গোলকীয় গতির সমানুপাত হবে $2\,r \propto 2\pi\, r$। গোলকীয় গতি ও রৈখিক গতির মধ্যে পার্থক্য আলোচনা হলো (অধ্যায় ১০)।

প্রচলিত পরিমাপ পদ্ধতি (Existing of System Measurement)

প্রচলিত রৈখিক পরিমাপ পদ্ধতিকে কীভাবে গোলকীয় পদ্ধতিতে রূপান্তর করা যায়, সেটা আলোচনা হলো।

পদার্থবিজ্ঞানে বল প্রয়োগ করে দূরত্ব পরিমাপের তিনটি পদ্ধতি রয়েছে, যথা—

১. **সিজিএস পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে বলের পরম একক ডাইন। যে পরিমাণ বল এক গ্রাম ভর বিশিষ্ট কোন বস্তুর উপর প্রযুক্ত হয়ে এক সে. মি./সে^{2} ত্বরণের সৃষ্টি করে তাকে এক নিউটন বল বলে।

www.banglainternet.com

২. **এমকেএস পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে বলের পরম একক নিউটন। যে পরিমাণ বল এক কিলোগ্রাম ভর বিশিষ্ট কোন বস্তুর উপর প্রযুক্ত হয়ে এক মিটার /সে^{২} ত্বরণের সৃষ্টি করে তাকে এক নিউটন বল বলে।

৩. **এফসিএস পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে বলের পরম একক পাউন্ডাল। যে পরিমাণ বল এক পাউন্ড ভরবিশিষ্ট কোন বস্তুর উপর প্রযুক্ত হয়ে এক ফুট/সে^{২} ত্বরণের সৃষ্টি করে তাকে পাউন্ডাল বল বলে।

এখানে ভর এককগুলো এমন পদার্থের তৈরি গোলক হতে হবে যাতে এদের ব্যাস ও পরিধি অনুপাত $2r \propto 2\pi r$ হয়। তবেই প্রচলিত পরিমাপগুলোর সাথে ঐক্যবদ্ধ পরিমাপের সাথে একটা মিল করা যাবে।

ঐক্যবদ্ধ সূত্র (Law of Unification Theory)

সোয়ার্জচাইল্ডের বহিঃসমাধান ছিলো আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সূত্রের সংশোধিত রূপ এবং এই সমীকরণের সাথে ঐক্যবদ্ধ সূত্রের মিল করা হয়েছে। মহাকর্ষ সকল গতিকে বৃত্তীয় নিয়মে গতিশীল করে (অধ্যায় ১০)। মহাকর্ষ ক্ষেত্রে কোনো গতি একটি নির্দিষ্ট সময়ে বৃত্তের পরিধির সমান ($2\pi r$) দূরত্ব অতিক্রম করে। এখানে ত্রিকোণমিতির রেডিয়ান থেকে $2\pi r$ সূত্র গ্রহণ করা হয়েছে। এই সূত্রটি হলো, পরিধি = $2\pi rt$ (পরিধি/ব্যাস = π, বা, পরিধি/ $2r = \pi$, বা, পরিধি =$2\pi r$, এতে সময় t যুক্ত করা হয়)। এটাই ঐক্যবদ্ধ সূত্র। সূত্রটি বৃত্তীয় গতি পরিমাপের নিমিত্ত কৌণিক বেগ অনুরূপ। মোট ছয়টি উপাদান মিলে ঐক্যবদ্ধ সূত্র সৃষ্টি করে। যথা : প্রযুক্তবল, মহাকর্ষ, অভিকর্ষ, ব্যাসার্ধ বল, বৃত্তীয় ত্বরণ ও সময়। এখানে প্রযুক্ত বল ও মহাকর্ষ বল ধ্রুবক হিসেবে ব্যবহার হয়। ঐক্যবদ্ধ সূত্রের মধ্যে রয়েছে সোয়ার্জচাইল্ড সমীকরণের $dr^{-2} + r^2d\theta^2 + r^2\sin^2\theta d\phi^2 = 2\pi r$, $(1-2m/r) = (r = 2m) = p$, f= ফ্রিকোয়েন্সি এবং dt দ্বারা সময় বোঝানো হয়েছে। ঐক্যবদ্ধ সূত্রের তিনটি বিকল্প সমীকরণ (টেবল ৬) দেয়া হলো—

1) $ds^2 \propto 2\pi\, rt$ (মূল সমীকরণ)	এখানে,
2) $2\pi \propto 2\pi\ r$ (মহাকর্ষহীন ও মহাকর্ষ ক্ষেত্রে তুলনামূলক সমীকরণ)	$2r$ = Diameter
3) $ds^2 \propto p \times 2\pi r \times f \times dt$ (ব্যবহারযোগ্য সমীকরণ)	$2\pi r$ = Angular momentum (Gravitation-Gravity × Radius)/Circumference
	p = Inertial force /Gravitational force (Constant).

www.banglainternet.com

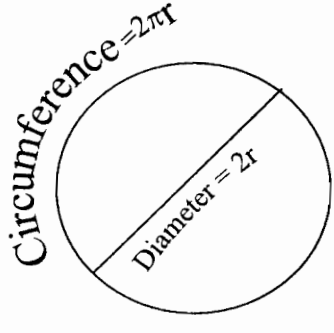
f = Cyclic frequency

dt = Time.

টেবল ৬ : ঐক্যবদ্ধ সূত্রের তিনটি বিকল্প সমীকরণ

উপরের ১ নং সমীকরণে রেখ উপাদান (ds^2) সমান গোলকীয় পরিধি ($2\pi r$) বোঝানো হয়েছে। ২ নং সমীকরণে যে সময়ে গতি মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে 2r (ব্যাস) পরিমাণ দূরত্ব অতিক্রম করে সে সময়ে মহাকর্ষ ক্ষেত্রে $2\pi r$ পরিমাণ দূরত্ব অতিক্রম করবে। সমীকরণটিতে কোনো নির্দিষ্ট সময়ে মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে এবং মহাকর্ষ ক্ষেত্রে গতির সমানুপাতিক দূরত্ব দেখানো হয়েছে। মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে রৈখিক গতি হয় এবং মহাকর্ষ ক্ষেত্রে বৃত্তীয় গতি হয়। এখানে মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে দূরত্ব 2r=Diameter (ব্যাস) হয় এবং মহাকর্ষ ক্ষেত্রে $2\pi r$ = circumference (পরিধি) হয়। এই সমীকণে গতির দ্বিতীয় সূত্র এবং মহাকর্ষসূত্রকে সমন্বয় করা হয়েছে। ফলে এই সূত্রটি এককভাবে ব্যবহার করা যাবে। ৩য় সমীকরণে p কে ধ্রুবক হিসেবে ধরা হয়েছে। কারণ p যে পরিমাণ বল গ্রয়োগ বা যে পরিমাণ আকর্ষণ করুক না কেন তার প্রধান কাজ দ্বিতীয় বলটিকে ($2\pi r$) পরিমাণ দূরত্ব ঘুরিয়ে দেয়া। এখানে রাশিগুলো পরস্পর গুণন আকারে আছে। তাই এদেরকে বর্গ হিসেবে ধরার প্রয়োজন নেই। যদিও রেখ উপাদানে রাশিগুলোকে বর্গ হিসেবে ধরা হয়।

প্রযুক্ত বল, মহাকষ, অভিকর্ষ, ব্যাসার্ধ বল, বৃত্তীয় ত্বরণ ও সময়—এই ছয়টি উপাদান মিলে গাণিতিক পরিভাষায় $2\pi r$ দূরত্ব প্রকাশ করে। একটি কণা যে সময়ে মহাকর্ষহীন ক্ষেত্রে বৃত্তের ব্যাস পরিমাণ দূরত্ব অতিক্রম করে, মহাকর্ষ ক্ষেত্রে কণাটি সে সময়ে বৃত্তের পরিধি সমান দূরত্ব অতিক্রম করে। সুতরাং ঐক্যবদ্ধ মতবাদে সমানুপাতিকরণ হবে, $2r \propto 2\pi r$। এখানে π হচ্ছে লব্ধি। নিম্নের চিত্রে (চিত্র ১২) সেটা প্রকাশ করা হলো।



চিত্র ১২ : বস্তু কণার ঘূর্ণন গতি

www.banglainternet.com

উদাহরণ ১ : ৪০ ডাইন বল ১০ গ্রাম ভরের উপর ৮ সেকেন্ড ক্রিয়া করলে বস্তুটি কত দূরত্ব অতিক্রম করবে? (দ্বিতীয় বস্তুটির ব্যাস ১ সে.মি. এবং দ্বিতীয় বস্তুটি ৪ বৃত্তীয় ত্বরণে কাজ করছে)

উত্তর ১—ঐক্যবদ্ধ সূত্রানুসারে :

$ds^2 \propto p \times 2\pi r \times f \times dt$

= প্রযুক্তবল × মহাকর্ষ × অভিকর্ষ × বৃত্তীয় ব্যাসার্ধ × বৃত্তীয় ত্বরণ × সময়

$= 1 \times 2\pi r \times 4 \times 8$

$= 1 \times 2 \times 22/7 \times 2 \times 4 \times 8$

= 201.15 সে.মি.।

P = প্রযুক্তবল (৪০ ডাইন বল)

$2\pi r$ = মহাকর্ষ × অভিকর্ষ × বৃত্তীয় ব্যাসার্ধ

f = বৃত্তীয় ত্বরণ (৪ বার)

ব্যাস = ২ ব্যাসার্ধ

dt = সময় (৮ মিনিট)

ds^2 =?

এখানে প্রযুক্ত বলকে (p) একটি ধ্রুবক হিসেবে ধরা হয়েছে কারণ বল যত বেশি প্রয়োগ করা হোক না কেন ঘূর্ণন ক্ষেত্রে এটা অতিরিক্ত সুবিধা পাবে না। বস্তুটির ব্যাস বেশি হলে ত্বরণ ব্যাপক আকারে বৃদ্ধি পাবে। কিন্তু চিরায়ত বলবিজ্ঞানে সেভাবে বৃদ্ধি পাবে না। চিরায়ত বলবিজ্ঞানে এই দূরত্ব হয় 128 সে. মি.

$$(s = ut + \tfrac{1}{2}at^2 = 0.8 + \tfrac{1}{2}.4.(8)^2 = 128 \text{ সে.মি.})।$$

উদাহরণ ২ : সূর্য থেকে পৃথিবীর গড় দূরত্ব ১৫,০০০০০০০ কি. মি. হলে, পৃথিবী নিজ বৃত্তীয় কক্ষপথে ১ বছরে কতটুকু পথ অতিক্রম করে?

উত্তর—২ ঐক্যবদ্ধ মহাকর্ষ সূত্রানুসারে :

$ds^2 \propto p \times 2\pi r \times f \times dt \times v$

= মহাকর্ষবল × মহাকর্ষ × অভিকর্ষ × বৃত্তীয় ব্যাসার্ধ × বৃত্তীয় ত্বরণ × সময় × বেগ

$= 1 \times 2 \times 22/7 \times 2 \times 1.5 \times 10^8 \times \text{unknown} \times 3.07 \times 10^7 \times 29.76$

$= 2 \times 9.42 \times 10^8 \times \text{unknown} \times 9.13 \times 10^8$

$= 1.72 \times 10^{18}$ কি.মি.।

P = মহাকর্ষ বল (ধ্রুবক বল)

সূর্য থেকে পৃথিবীর দূরত্ব (ব্যাসার্ধ) = ১৫০০০০০০০ কি. মি.

$= 1.5 \times 10^8$

ব্যাস = ২ ব্যাসার্ধ = $2 \times 1.5 \times 10^8$

পৃথিবী সূর্যকে একবার প্রদক্ষিণ করতে সময় লাগে = ৩৬৫ দিন ৫ ঘণ্টা ৪৮ মিনিট ৪৭ সেকেন্ড = 3.07×10^7 সেকেন্ড,

www.banglainternet.com

পৃথিবীর প্রতি সেকেন্ডে বেগ (v) = 29.76 কি. মি.

$2\pi r$ = মহাকর্ষ-অভিকর্ষ × বৃত্তীয় ব্যাসার্ধ

ds^2 =?

উপসংহারে বলা যায়, ঐক্যবদ্ধ মতবাদ একটি সুসংঘটিত মতবাদ যেখানে মহাকর্ষের অধীনে বলবিজ্ঞান ও গণিতের সূত্রগুলো সমন্বয় করা হয়েছে। এটাকে মহাকর্ষ সূত্র হিসেবে অভিহিত করা যায়। কারণ মহাকর্ষের অধীনে প্রকৃতির বলগুলো সন্নিবেশিত হয়। মহাকর্ষ গ্রহ-উপগ্রহসহ সকল গতিশীল বস্তুকে বৃত্তীয় নিয়মে গতিশীল করে। এখানে চিরায়ত বলবিজ্ঞানের জড়তার সূত্র এবং মহাকর্ষ সূত্রকে যুক্ত করা হয়েছে। ঐক্যবদ্ধ মতবাদে বিশেষ সুবিধা রয়েছে যে এটার আংশিক সূত্রগুলো দিয়ে প্রকৃতির নিয়মগুলোর ব্যাখ্যা দেয়া যায়। আর একটি সূত্রে সাথে অন্যটির মিল রয়েছে। গতি বল প্রয়োগেই হোক কিংবা আকর্ষণের জন্যই হোক সর্বদাই বৃত্তীয় নিয়মে হয় কিন্তু প্রাপ্ত ফলাফল রৈখিক নিয়মে প্রকাশ পায়। বাস-ট্রেনের গতি বৃত্তীয় নিয়মে হয় কিন্তু সামগ্রিক গতি রৈখিক। এখানে জড় বল ও মহাকর্ষ যুক্ত হওয়ার ফলে ক্রিয়ার চেয়ে প্রতিক্রিয়া বেশি হয়। ঐক্যবদ্ধ সূত্রে প্রকৃতির বলগুলো একটির সাথে অন্যটি যুক্ত রয়েছে। আশা করা যায় এতোদিনের দুর্বোধ্য বিষয় পদার্থবিজ্ঞান এবং গণিত ঐক্যবদ্ধ মতবাদের ফলে সহজ হবে।

References

1, 4 & 5 Strathern, P., *Einstein and Relativity*, Arrow Books, UK.1997, P. 78, 71-72

2. & 3. Hawking, S. W., *A Brief History of Time*, Bantam Books, New York, London, 1988, P. 195, 50

6. Synge, J. L. and Schild, A., *Tensor Calculas*, Dover Publications Inc. New York, 1978, P. 96

7. Spiegel, M. R., *Theory and Problems of Vector Analysis*, McGrow-Hill Book Company, New York, 1974, P. 135-140

8, 9, 10

12, 13, 15. Prakash, S., *Relativistic Mechanics*, Pragati Prakashan, Meerut, India, 1990, P. 317, 344, 343, 383

11. Tajuddin and Biswas, M. H. A., *Unification of the Theory of Albert Einstein by Cyclic Theory*. Asian J. Inform. Tech., 4(10): 962-970, 2005.

www.banglainternet.com

14. Hawking S. W., *The Essential Einstein : His Greatest Works*, Penguin Books, 2007. P. 3718.
16. Islam, J. N., *An Introduction to Mathematical Cosmology*, Cambridge University Press, UK, 1992, P 12-17
17. Rashid, A. M. H., and Islam M. N., *General Theory of Relativity & Cosmology (Bangla)*, Dhaka University Press, 1996, P. 74-76.
18. Ali, S. M., (Dr.), *Tensor Analysis with application*, New Age Publication, Dhaka, 2006, P. 202-207

www.banglainternet.com

পরিভাষা
(Glossary)

অন্তঃসমাধান (Internal Solution) : আইনস্টাইনের মহাকর্ষ সমীকরণকে সোয়ার্জচাইল্ড দুধরনের ব্যাখ্যা দিয়েছেন। তন্মধ্যে একটি হচ্ছে অন্তঃসমাধান এবং অন্যটি হচ্ছে বহিঃসমাধান। পার্থিব জগতের জন্য অন্তঃসমাধান রচনা করেছিলেন।

ইউক্লিডীয় জ্যামিতি (Euclidean Geometry) : গ্রিক গণিতবিদ ইউক্লিড সমতলীয় জ্যামিতির বিক্ষিপ্ত ধারণা বিন্যাস করে বিখ্যাত *ইলিমেন্টস* গ্রন্থ রচনা করেন। ইউক্লিড দশটি স্বীকার্য দিয়ে গ্রন্থ শুরু করে ছিলেন, তন্মধ্যে বিন্দু, রেখা, সরলরেখা অন্যতম।

গোলকীয় জ্যামিতি (Spherical Geometry) : ঐক্যবদ্ধ নিয়মে গোলকীয় জ্যামিতি প্রাধান্য পাবে। বস্তু গতিশীল হলে কীভাবে ঘূর্ণন নিয়মে কাজ করে সেটা গোলকীয় জ্যামিতি। এটা রৈখিক জ্যামিতির বিপরীত।

ত্বরণ (Acceleration) : মহাকর্ষ প্রভাবে গতির শুরুতে দ্রুতি একটা নির্দিষ্ট রেটে বেড়ে যাওয়াই হচ্ছে ত্বরণ। সকল গতিই শুরুতে ত্বরণ সম্পন্ন হয়।

পরিধি (Circumference) : যে রেখাটি দ্বারা বৃত্ত ক্ষেত্র বদ্ধ হয় সেটা পরিধি। গোলকীয় জ্যামিতির সমীকরণ রচনায় পরিধি যুক্ত করতে হয়।

পার্থিব জগত (Material World) : আইনস্টাইনের জগতকে সোয়ার্জচাইল্ড দু' ভাগে বিভক্ত করেছেন। তন্মধ্যে একটি হচ্ছে পার্থিব জগৎ এবং অন্যটি হচ্ছে মহাশূন্য জগৎ। পার্থিব জগতের জন্য তিনি অন্তঃসমাধান সমীকরণ রচনা করেছেন।

বহিঃসমাধান (External Solution) : সোয়ার্জচাইল্ড মহাকর্ষ সমীকরণের দু' ধরনের ব্যাখ্য দিয়েছেন। একটি বহিঃসমাধান এবং অন্যটি অন্তঃসমাধান। বহিঃসমাধান দ্বারা মহাশূন্য জগতের ব্যাখ্যা দিয়েছেন।

ভর (Mass) : বস্তু মহাকর্ষ থেকে যে পরিমাণ ভর পায় সেটা জড়ভর। আর বস্তু মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ দ্বারা দ্বিগুণ আকর্ষণে যে পরিমাণ ভর পায় সেটা হলো ওজন। ওজনকে অভিকর্ষ ত্বরণ দিয়ে ভাগ করলে মহাকর্ষ ভর পাওয়া যায় এবং এই মহাকর্ষ ভরই জড়ভর নামে পরিচিত।

ভর ও শক্তির সমতুল্য নীতি (Principle of Equality of Mass and Energy) : আইনস্টাইন পদার্থে যে পরিমাণ ভর রয়েছে তার অনুরূপ শক্তি রয়েছে

www.banglainternet.com

বলে মনে করতেন। তিনি ভর ও শক্তি সমতুল্য নীতি ($E = mc^2$) প্রদান করেছিলেন।

মহাশূন্য (Empty Space) : আইনস্টাইনের মতে মহাশূন্য জগৎ হচ্ছে ইলেক্ট্রোমেগনেটিক ফিল্ড এবং পার্থিব জগতের বাইরে অবস্থিত (This is empty space without electromagnetic field and without matter.–Hawking, 2007)। প্রকৃতপক্ষে এমন কোন জগৎ হয় না। আইনস্টাইনের এই মহাশূন্য ধারণা ছিলো কাল্পনিক।

রৈখিক জ্যামিতি (Linear Geometry) : প্রাচীন গ্রিকদের আমলে পৃথিবীকে সমতল ধরে যে জ্যামিতির রচিত হয়, সেটা রৈখিক জ্যামিতি নামে খ্যাত। সে জ্যামিতি আজো বহমান কিন্তু সেটা প্রকৃত জ্যামিতি নয়। কারণ পৃথিবী সমতল নয়, গোলকীয়।

শূন্য টেন্সর (Zero Tensor) : যে সমীকরণে ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া সমান হয়, সেটা শূন্য টেন্সর বা শূন্য সমীকরণ। নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্রের উপর যে সমীকরণ হয় সেটা শূন্য সমীকরণ ধরা হয়।

সমতলীয় জ্যামিতি (Plane Geometry) : প্রাচীন গ্রিকগণ পৃথিবীকে সমতল মনে করতো। তাই তারা সমতলীয় জ্যামিতি রচনা করেন। সমতলীয় রৈখিক জ্যামিতি অভিন্ন। তবে এরা প্রকৃত জ্যামিতি নয়।

সমগতি (Uniform Motion) : গতি যখন একটা নির্দিষ্ট গতিতে চলতে থাকে তখন সেটা সমগতি হয়।

সমতুল্য নীতি (Principle of Equivalence) : আইনস্টাইন নিউটনীয় গতির দ্বিতীয় সূত্র এবং মহাকর্ষ সূত্র সমতুল্য কল্পনা করেছেন, সেটাই সমতুল্য নীতি। তিনি মনে করেন নিউটনের নিজের অজান্তে সেটা হয়েছে।

সমানুপাতিক নীতি (Principle of Proportionate) : মহাকর্ষের আকর্ষণ এবং বস্তুর ভরের মধ্যে একটা অনুপাত রয়েছে। সেই অনুপাত অনুসারে মহাকর্ষ বস্তুকে আকর্ষণ করে, সেটাই সমানুপাতিক নীতি। গোলকীয় ঘূর্ণনশীল জগতে সমানুপাতিক গ্রহণ করা হয়েছে।

সমভিন্নতার নীতি (Principle of Covariance) : আইনস্টাইনের মতে প্রকৃতির নিয়মগুলো সকল ক্ষেত্রে একই রূপ হবে, সেটাই সমভিন্নতার নীতি নামে পরিচিত। গোলকীয় ঘূর্ণনশীল জগতে প্রকৃতির নিয়মগুলো একই রকম হবে।

সূচক (Index) : ম্যাট্রিক টেন্সরে প্রতীকের সাথে যে সব চিহ্ন থাকে সেগুলো হচ্ছে সূচক। প্রতীকের উপরে উর্ধ্ব সূচক এবং নিচে নিম্ন সূচক থাকে। এই সূচকগুলো N পরিধি থেকে গ্রহণ করা হয়।

www.banglainternet.com

নির্ঘণ্ট
(Index)

অন্তঃসমাধান–Interior solution	জড়ভর–Inertial mass
অভিকর্ষ–Gravity	দেশ–Space
অণু–Molecule	ধারণা–Concept
অসমসত্ত্ব–Heterogeneous	ধ্রুবক–Constant
অনুসূর–Perihelion	তরঙ্গ–Wave
অপসূর–Aphelion	ত্বরণ–Acceleration
আপেক্ষিকবাদ–Relativity	ত্বরণ টেন্সর–Accelerated tensor
ইলেকট্রোমেগনেট–Electro-magnet	ত্রিমাত্রিক–Three dimensional
উপাদান–Element	পার্থিব জগৎ–Material world
উপবৃত্ত–Ellipse	প্রযুক্তবল–Applied force
একীভূত–Unified	প্রতিক্রিয়া–Reaction
ঐক্যবদ্ধ–Unification	বল–Force
কক্ষ–Orbit	বলবিদ্যা–Mechanics
কণা–Atom	বহিঃসমাধান–External solution
কণা বিজ্ঞান–Quantum mechanics	বক্র–Curve
কেন্দ–Center	ব্যাস–Diameter
কেন্দ্রীয়–Centric	ব্যাসার্ধ–Radius
কোয়ান্টাম তত্ত্ব–Quantum theory	বৃত্তীয়–Cyclic
ক্রিয়া প্রতিক্রিয়া–Action-reaction	বৃত্তীয় ত্বরণ–Cyclic frequency
ক্রিয়ার লব্ধি–Resultant force	বৃত্তীয় ব্যাসার্ধ–Cyclic radius
গতি–Motion	ভর–Mass
গতিশীল–Dynamic/Movement	ভরবেগ–Momentum
গোলকীয় জ্যামিতি–Spherical geometry	ভরবেগ সংরক্ষণ–Consevation of momentum
ঘূর্ণন–Rotation/Revolution	মহাকর্ষ–Gravitation
চতুর্মাত্রিক–Four dimensional	মহাশূন্য–Empty space
জড়–Inertia	মহাকর্ষ ভর–Gravitational mass

www.banglainternet.com

ম্যাগনেট–Magnet মৌল–Element মৌল কণা–Elementary particle যৌগ–Compound রৈখিক–Linear রৈখিক জ্যামিতি–Linear geometry শূন্য টেন্সর–Zero tensor সমতল–Plane সমগতি–Equal rapidity/ Uniform motion সমভিন্ন–Covariant সমতুল্য নীতি–Principle of equivalence	সমভিন্নতার নীতি–Principle of covariance সময় বিস্তৃতি–Time dilation সমানুপাতিক নীতি–Principle of proportionate সর্বজনীন– Universal সাধারণীকরণ–Generalisation স্বীকার্য–Postulate

www.banglainternet.com