The Event Horizon of Eternity

ব্ল্যাক হোলের সাহায্যে অনন্তকালের যাত্রা

Tawhid Bin Omar

∞ *Let Infinity Be Your Limit* ∞

May 30, 2026

ভূমিকা: সর্বশ্রেষ্ঠ টাইম মেশিন

সাই-ফাই মুভি বা বইগুলোতে ব্ল্যাক হোল বা কৃষ্ণগহ্বরকে প্রায়ই একটি মহাজাগতিক পোর্টাল বা টাইম মেশিনের মতো দেখানো হয়। যেমন বিখ্যাত 'ইন্টারস্টেলার' (Interstellar) মুভিতে মিলারের গ্রহটি (Miller's planet) একটি সুপারম্যাসিভ ব্ল্যাক হোলের এত কাছে ছিল যে, সেখানে কাটানো ১ ঘণ্টা পৃথিবীর ৭ বছরের সমান! লেখকদের এটা খুব প্রিয় একটি কনসেপ্ট, কিন্তু এটি আসলে কোনো কাল্পনিক গল্প নয়; বরং আইনস্টাইনের ফিল্ড ইকুয়েশন থেকে পাওয়া নিখুঁত গাণিতিক বাস্তবতা। প্রচণ্ড মহাকর্ষ বা গ্র্যাভিটি আসলেই স্পেসটাইম বা স্থান-কালকে এমনভাবে বাঁকিয়ে দেয়, যা গাণিতিকভাবে মহাবিশ্বে একমুখী "অমরত্বের" একটি টিকিট হিসেবে কাজ করতে পারে।

১. প্রমাণের গাণিতিক ভিত্তি (The Mathematics of a Singularity)

একটি স্থির এবং চার্জবিহীন (Static and uncharged) ব্ল্যাক হোলের চারপাশে স্পেসটাইম কীভাবে বেঁকে যায়, তা প্রমাণ করতে আমাদের সোয়ার্জশিল্ড মেট্রিক (Schwarzschild Metric) এর সাহায্য নিতে হবে। এটি আইনস্টাইনের ফিল্ড ইকুয়েশনের প্রথম নির্ভুল গাণিতিক সমাধান, যা কোনো একটি গোলাকার ভরের চারপাশে স্পেসটাইমের জ্যামিতি বর্ণনা করে।

ধরে নাও, তুমি একটি ব্ল্যাক হোলের কাছে স্পেসশিপ নিয়ে আছ। তোমার নিজের ঘড়িতে যে সময় কাটবে তাকে বলে প্রোপার টাইম (Proper Time, $d\tau$)। আর ব্ল্যাক হোল থেকে অসীম দূরত্বে থাকা পৃথিবীর একজন পর্যবেক্ষকের ঘড়িতে যে সময় কাটবে তাকে বলে কো-অর্ডিনেট টাইম (Coordinate Time, dt)। এদের সম্পর্কটি হলো:

The Schwarzschild Metric

$$d\tau = \sqrt{1 - \frac{2GM}{c^2 r}}\, dt$$

এখানে:

- $G =$ মহাকর্ষীয় ধ্রুবক (Gravitational constant)
- $M =$ ব্ল্যাক হোলের ভর (Mass of the black hole)
- $c =$ আলোর বেগ (Speed of light)
- $r =$ ব্ল্যাক হোলের কেন্দ্র থেকে তোমার যাত্রীর দূরত্ব (Radial distance)

ব্ল্যাক হোলের ইভেন্ট হরাইজন বা ঘটনা দিগন্তের ব্যাসার্ধকে বলা হয় সোয়ার্জশিল্ড ব্যাসার্ধ (r_s)। একে সংজ্ঞায়িত করা হয় এভাবে: $r_s = \frac{2GM}{c^2}$।

এই মানটি উপরের সমীকরণে বসালে আমরা মহাকর্ষীয় টাইম ডাইলেশন বা সময়ের প্রসারণের সূত্রটি পাই:

Gravitational Time Dilation

$$t_{\text{outside}} = \frac{\tau_{\text{traveler}}}{\sqrt{1 - \frac{r_s}{r}}}$$

এই ইকুয়েশন থেকে দেখা যায়, যখন তুমি ইভেন্ট হরাইজনের কাছে যাবে, তখন তোমার দূরত্ব r এর মান r_s এর খুব কাছাকাছি চলে আসবে। অর্থাৎ $\frac{r_s}{r} \to 1$ হবে। এর ফলে হরের (Denominator) মান $\sqrt{1-1} = 0$ এর কাছাকাছি চলে যাবে। যেহেতু হর শূন্যের কাছাকাছি, তাই $t_{\text{outside}} \to \infty$ হবে! এর মানে হলো, তোমার কাছে এক সেকেন্ড মনে হলেও পৃথিবীর হিসেবে তখন কোটি কোটি বছর পার হয়ে যাবে।

২. বাস্তবতায় "অমরত্ব" (The Practicality of "Immortality")

চলো একটি থট এক্সপেরিমেন্ট বা মানস-পরীক্ষা করি। ধরো, তুমি সিদ্ধান্ত নিলে যে তুমি পৃথিবীর সবাইকে পেছনে ফেলে হাজার হাজার বছর ভবিষ্যতের পৃথিবীতে পা রাখবে। তুমি তোমার স্পেসশিপ এমন একটি জায়গায় নিয়ে গেলে, যেখানে তুমি ব্ল্যাক হোলের ইভেন্ট হরাইজনের ঠিক বাইরে আছ, অর্থাৎ $r = 1.0001 \times r_s$।

এখন টাইম ডাইলেশনের সূত্র ব্যবহার করে দেখি, তোমার স্পেসশিপের ১ ঘণ্টার বিনিময়ে পৃথিবীতে কত সময় পার হবে:

$$t_{\text{outside}} = \frac{1 \text{ hour}}{\sqrt{1 - \frac{r_s}{1.0001 r_s}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{1}{1.0001}}} = \frac{1}{\sqrt{0.00009999}} \approx 100 \text{ hours}$$

তুমি যদি আরও কাছে যাও, যেমন $r = 1.00000001 \times r_s$, তাহলে তোমার ১ ঘণ্টার জন্য পৃথিবীতে প্রায় দশ হাজার ঘণ্টা (বা ১ বছরেরও বেশি) পার হয়ে যাবে! এটিকে বলা যায় আপেক্ষিক অমরত্ব (Relative Immortality)। তুমি তোমার নিজের ফ্রেম অব রেফারেন্সে চিরকাল বাঁচবে না ঠিকই, কিন্তু তুমি চাইলে পুরো মানব সভ্যতা, নক্ষত্র এবং হয়তো মহাবিশ্বের মৃত্যুর সাক্ষী হতে পারবে।

৩. সায়েন্স ফিকশন বনাম বাস্তবতা (The Fatal Catch)

সবকিছু শুনতে সাধারণ মনে হলেও বাস্তবতায় ব্ল্যাক হোলের কাছে গিয়ে অমরত্ব লাভ করাটা অনেক কঠিন। এর পেছনে দুটি বড় বাধা রয়েছে:

Tidal Forces and The Blueshift Apocalypse

১. টাইডাল ফোর্সের ভয়াবহতা: তুমি চাইলেই ছোট বা স্টার-মাস (Stellar-mass) ব্ল্যাক হোলের ইভেন্ট হরাইজনের এত কাছে চুপচাপ বসে থাকতে পারবে না। কারণ, ব্ল্যাক হোলের মাধ্যাকর্ষণ তোমার পায়ের দিকে এত বেশি থাকবে এবং মাথার দিকে এত কম থাকবে যে, তোমার শরীর লম্বা হয়ে স্প্যাগেটির (Spaghettification) মতো ছিঁড়ে যাবে। এই সমস্যা এড়ানোর একমাত্র উপায় হলো সুপারম্যাসিভ ব্ল্যাক হোল (Supermassive Black Hole) ব্যবহার করা। এদের ইভেন্ট হরাইজন এত বড় হয় যে, সেখানে টাইডাল ফোর্স অনেক কম থাকে।

২. ব্লু-শিফট অ্যাপোক্যালিপ্স: তুমি যখন ভবিষ্যতের দিকে ফাস্ট-ফরওয়ার্ড করে এগিয়ে যাবে, তখন বাইরের মহাবিশ্ব থেকে আসা সব আলো বা বিকিরণ তোমার স্পেসশিপে এসে পড়বে। টাইম ডাইলেশনের কারণে বাইরের সেই আলো তোমার কাছে অনেক বেশি শক্তির বলে মনে হবে, যা গামা-রে (Gamma-Ray) তে পরিণত হয়ে ব্লু-শিফট (Blueshift) হবে। এর ফলে তোমার স্পেসশিপ মুহূর্তেই পুড়ে ছাই হয়ে যেতে পারে।

উপসংহার: একটি একমুখী টিকিট

মহাবিশ্বে ব্ল্যাক হোলই হলো একমাত্র প্রমাণিত এবং বাস্তব টাইম মেশিন, যা তোমাকে সত্যিই ভবিষ্যতের দিকে নিয়ে যেতে পারে। কিন্তু এই অমরত্বের শর্ত হলো, এটি তোমাকে সব কিছু ত্যাগ করতে বাধ্য করবে। এটি কোনোভাবেই অতীতে ফেরার কোনো সুযোগ দেয় না, এটি হলো শুধু ভবিষ্যতের অন্ধকারে ঝাঁপ দেওয়ার একটি একমুখী টিকিট।

প্রবলেম ইনসাইটস (Problem Solving Insights)

১. টেইলর সিরিজ (Taylor Series) ব্যবহার: যখন r এর মান r_s এর চেয়ে অনেক বড় হয় (যেমন পৃথিবীর মহাকর্ষ), তখন $\frac{r_s}{r}$ একটি খুব ছোট রাশি হয়। তখন $\sqrt{1-x} \approx 1 - \frac{x}{2}$ (যেখানে x খুব ছোট) সূত্রটি ব্যবহার করে তুমি নিউটনের গ্র্যাভিটির ইকুয়েশনে ফিরে আসতে পারবে। এটি দিয়ে তুমি প্রমাণ করতে পারো যে দুর্বল মহাকর্ষ ক্ষেত্রে ক্লাসিক্যাল ফিজিক্স কাজ করে।

২. গ্র্যাভিটেশনাল পটেনশিয়াল (Gravitational Potential): মাথায় রাখবে, টাইম ডাইলেশন সরাসরি মহাকর্ষীয় ত্বরণের (g) ওপর নির্ভর করে না, বরং নির্ভর করে গ্র্যাভিটেশনাল পটেনশিয়াল এনার্জির ওপর। তাই সুপারম্যাসিভ ব্ল্যাক হোলের ইভেন্ট হরাইজনে ত্বরণ কম হলেও, পটেনশিয়ালের কারণে তুমি শক্তিশালী টাইম ডাইলেশন পাবে।

উন্মুক্ত চিন্তা ও প্র্যাকটিস (Problems for Open-Ended Exploration)

1. তুমি যদি একটি স্পেসশিপ নিয়ে $r = 1.0000000001r_s$ দূরত্বে গিয়ে স্পেসশিপের ঘড়িতে ১ মাস সময় কাটাও, তবে তখন পৃথিবীতে কত বছর কেটে যাবে তা হিসাব করো।

2. একটি সাধারণ স্টার-মাস ব্ল্যাক হোলের ভর সূর্য্যের ভরের ১০ গুণ। এর ইভেন্ট হরাইজনের ব্যাসার্ধ (r_s) হিসাব করো ($G = 6.67 \times 10^{-11}$ Nm^2/kg^2, সূর্য্যের ভর = 2×10^{30} kg, $c = 3 \times 10^8$ m/s)।

3. টাইডাল ফোর্সের গাণিতিক সমীকরণ হলো $F = \frac{2GMlm}{r^3}$ (যেখানে l হলো বস্তুর দৈর্ঘ্য)। দেখাও যে, একটি সুপারম্যাসিভ ব্ল্যাক হোলে (যার ভর সূর্যের ভরের ১০০ কোটি গুণ) ইভেন্ট হরাইজনে টাইডাল ফোর্স অনেক ছোট থাকে বলে মানুষের বেঁচে থাকা সম্ভব হতে পারে।