February 2025

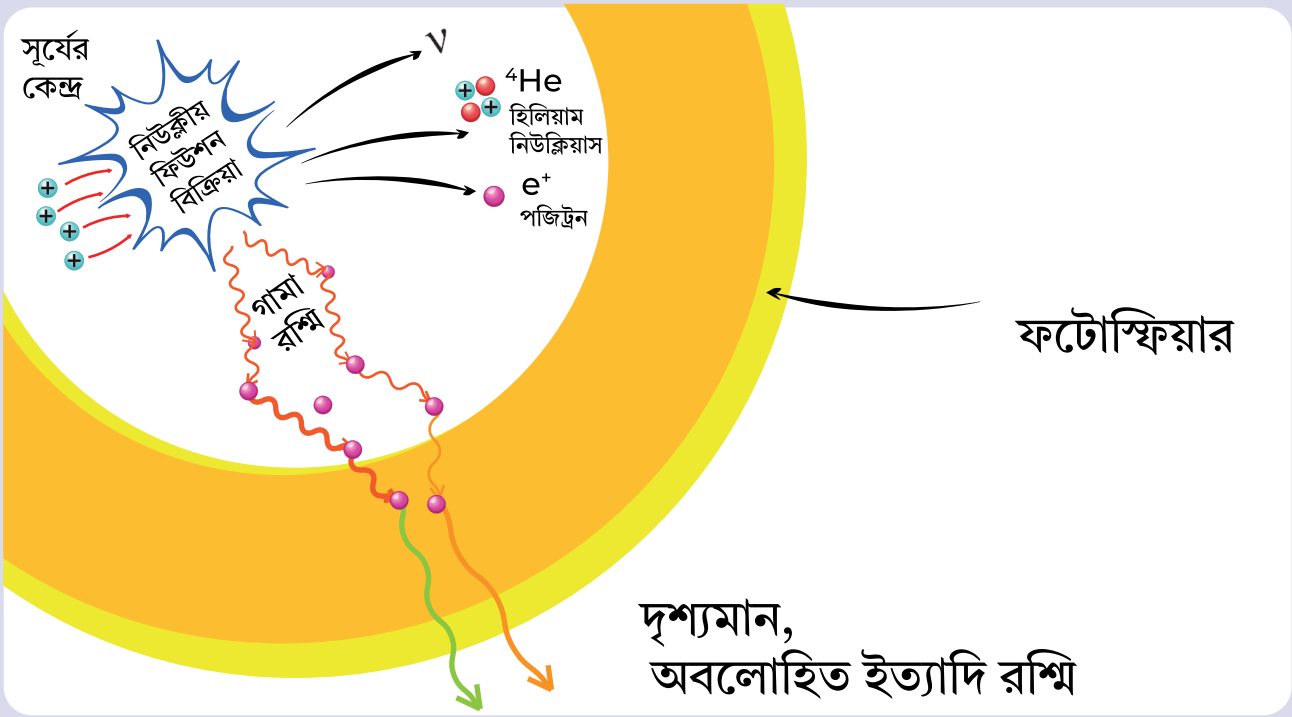
বিজ্ঞান

আলোর যাত্রাপথঃ
উৎস থেকে উপলব্ধিতে

সূর্য থেকে শুরু, তারপর মহাশূন্যের মধ্যে দিয়ে পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলে জলকণায় ধাক্কা খেয়ে চোখে এসে পৌঁছলো আলো। আর অনুভূতি হলো, “ওমাঃ কী সুন্দর!” পুরো যাত্রাপথের এই গল্পটা ধরা রইলো এই পোস্টারের পাতাগুলোতে।

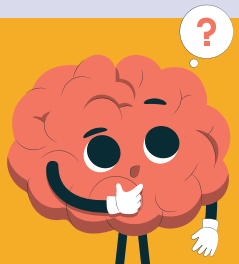
সূর্য থেকে আলোর উৎপত্তি

সূর্যের কেন্দ্রে জোড়া লাগে প্রোটন, বেরিয়ে আসে আলো



সূর্যের কেন্দ্রের প্রায় দেড় কোটি ডিগ্রী সেলসিয়াস তাপমাত্রায় আমাদের পরিচিত পদার্থগুলো তৈরি হয় না! সেখানে আছে মূলত প্রোটন আর ইলেক্ট্রনের একটা স্যুপ। এত তাপমাত্রায় ক্রমাগত নিউক্লীয় বিক্রিয়া চলতে থাকে, যেখানে চারটে করে প্রোটন জোড়া লেগে হিলিয়াম নিউক্লিয়াস ও পজিট্রনে (ধনাত্মক ইলেক্ট্রন) পরিণত হয়। মজা হলো, আইনস্টাইনের বিখ্যাত $E= mc^2$ সূত্র মেনে এই বিক্রিয়ায় খানিকটা ভর পরিণত হয় উচ্চশক্তির অদৃশ্য গামা রশ্মিতে!

এই গামা রশ্মি স্যুপের মধ্যেকার পজিট্রনে বারবার ধাক্কা খেয়ে শক্তি হারাতে থাকে। অবশেষে যখন সে সূর্যের উপরিতলে পৌঁছয়, ততক্ষণে তার অনেকটাই পরিণত হয়েছে কম শক্তির আলোয়।

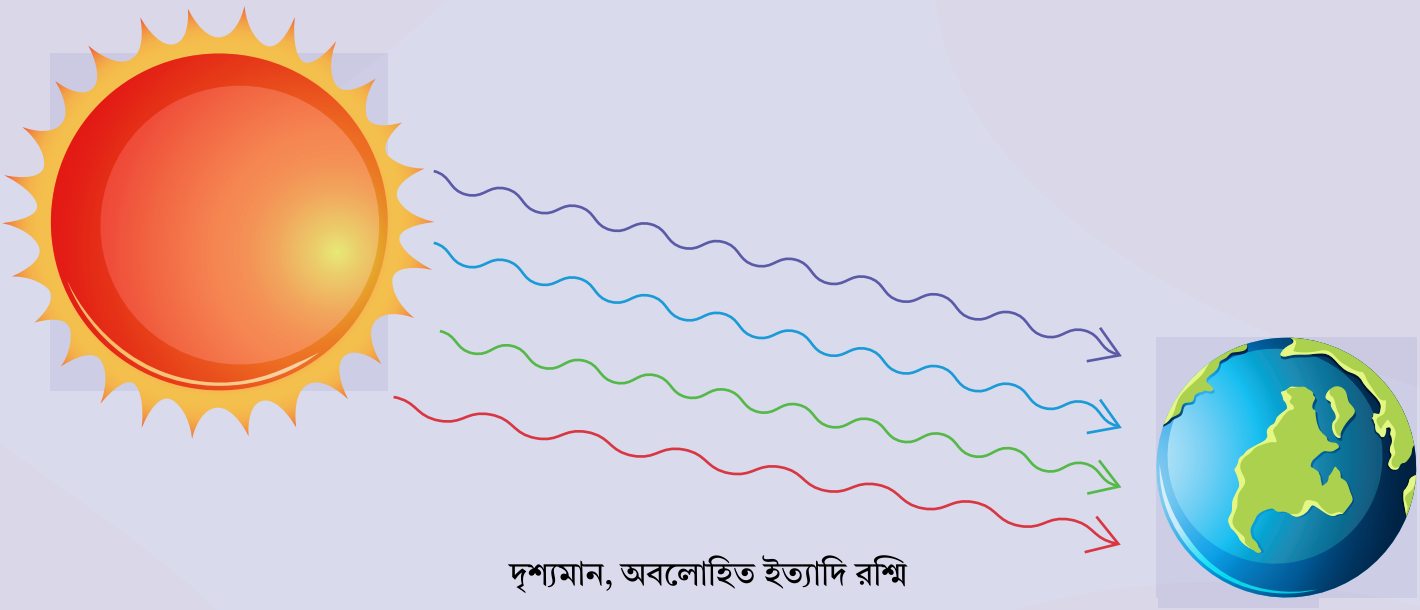


নিউক্লীয় বিক্রিয়ায় হিলিয়াম নিউক্লিয়াস, পজিট্রন, আর গামা রশ্মি ছাড়াও আরেকটা প্রায় ভরহীন কণা তৈরি হয়, যাকে অনেকে 'ভুতুড়ে কণা'ও নাম দিয়েছে — সেটা কী বলতো?

রকমারি আলো

সূর্যপৃষ্ঠ থেকে মহাকাশে ছড়িয়ে পড়ে আলোর ঢেউ

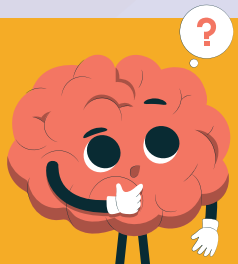
সূর্যপৃষ্ঠ থেকে বেরিয়ে আলোর যাত্রা শুরু হলো সেকেন্ডে প্রায় তিন লক্ষ কিলোমিটার বেগে।



দৃশ্যমান, অবলোহিত ইত্যাদি রশ্মি

আলো তড়িৎ-চুম্বকীয় তরঙ্গ, যেখানে তড়িৎ ক্ষেত্র ও চৌম্বক ক্ষেত্র ঢেউ-এর মতো বেড়ে-কমে এগোতে থাকে। আসলে, সূর্য থেকে বেরনো আলোর মধ্যে আছে অনেকরকমের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো — যেমন, অবলোহিত (Infrared), দৃশ্যমান (Visible), অতিবেগুনি (Ultraviolet), এক্স-রশ্মি, গামা রশ্মি ইত্যাদি। দৃশ্যমান আলোর মধ্যে আবার নানারকমের তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আছে — যেগুলোকে আমরা লাল, হলুদ, সবুজ, নীল ইত্যাদি হিসাবে দেখি। শূন্যস্থানে এই সকল আলো একই বেগে ছোটে।

আট মিনিট কুড়ি সেকেন্ড ধরে ছুটে নানা তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো পৌঁছয় পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলে।



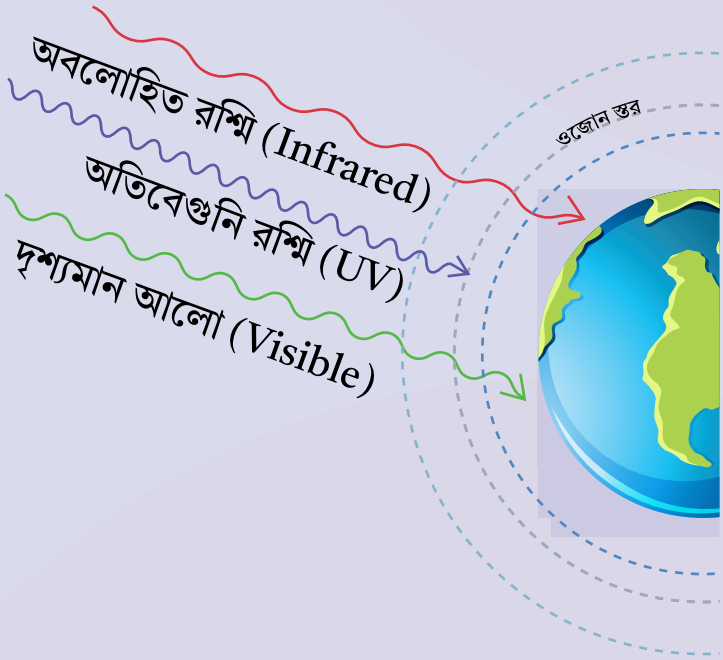
- আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সাথে তার শক্তির কোনও সম্পর্ক আছে কি? (সংকেত: লোহা গরম করতে থাকলে প্রথমে সে হয় লাল, তারপর লালচে-হলুদ, শেষে লাল-হলুদ-নীল - সব মিলিয়ে সাদা।)
- সূর্য থেকে পৃথিবীর মধ্যে এতটা শুন্যস্থান - তাহলে কোনও মাধ্যম ছাড়াই আলো চলছে কী করে?

পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলে ওজোন স্তরে ধাক্কা

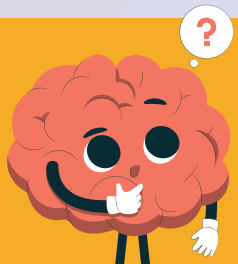
আলোর অতিবেগুনি তরঙ্গের যাত্রা শেষ

পৃথিবীপৃষ্ঠ থেকে 15-30 কিমি উপরে বায়ুমণ্ডলের ওজোন স্তর রয়েছে। এই স্তর আলোর অতিবেগুনি তরঙ্গের প্রায় পুরোটাই শুষে নেয়।

অতিবেগুনি তরঙ্গ নানাভাবে জীবকোষের মধ্যে থাকা DNA-র ক্ষতি করতে পারে। ওজোন স্তর এই ক্ষতিকর অতিবেগুনি রশ্মি শোষণ করে পৃথিবীতে প্রাণের অস্তিত্ব সম্ভব করে।



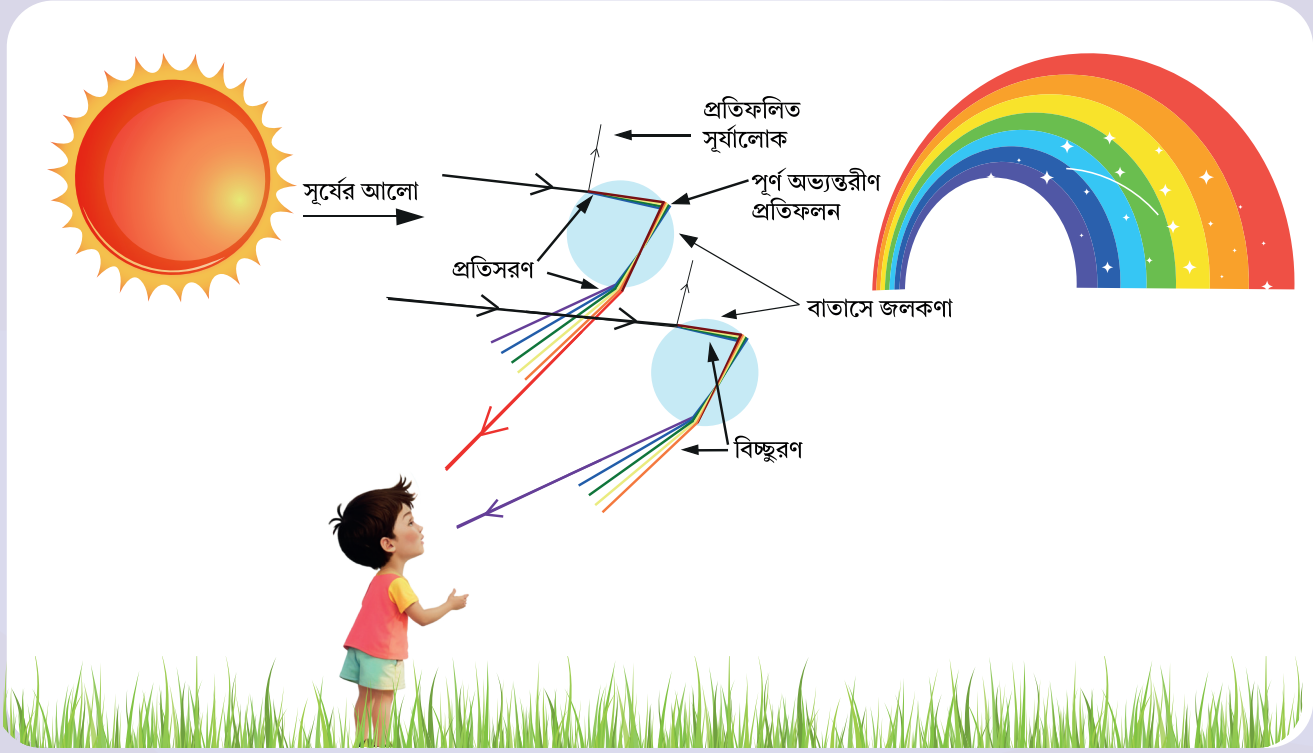
ফ্রিজ, এসি, ইত্যাদির মধ্যে ক্ষতিকর রাসায়নিক (ক্লোরোফ্লুরোকার্বন বা CFC) ব্যবহারের কারণে ওজোনের ঘনত্ব অনেক কমে গিয়ে এই বায়ুস্তরে ফুটো হতে বসেছিল। তবে 1987 সালে Montreal Protocol নামে একটা আন্তর্জাতিক চুক্তি করে এইসব রাসায়নিকের ব্যবহার নিয়ন্ত্রণ করা গেছে। ফুটোও বুজছে ধীরে ধীরে। ইচ্ছে থাকলে যে মানবজাতি একজোট হয়ে অস্তিত্ব সংকট থেকে বেরিয়ে আসতে পারে, এটা তার একটা উজ্জ্বল দৃষ্টান্ত হয়ে রয়েছে।



- ওজোন স্তর অতিবেগুনি তরঙ্গ শুষে কোন অণু তৈরী করে? কেন অন্য তরঙ্গগুলো শুষে নেয় না?
- একজন মহাকাশচারীকে কি এই অতিবেগুনি তরঙ্গ নিয়ে ভাবতে হয়? যদি মানুষ একদিন চাঁদে বা মঙ্গলগ্রহে বসতি গড়ে, তাদের কি ভাবতে হবে?

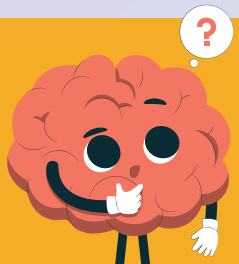
এরপর বাতাসের জলকণায় ধাক্কা

দৃশ্যমান সাদা আলো ভেঙে গেল নানান রঙে



বৃষ্টির পর হাওয়ায় ভেসে থাকে অজস্র ছোট্ট ছোট্ট জলকণা। তাদের মধ্যে দিয়ে যেতে গিয়ে আলোর পথ যায় বেঁকে (প্রতিসরণ বা refraction)। মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক (refractive index) নির্ভর করে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ওপর। ফলে, বিভিন্ন রঙের আলো বিভিন্ন কোণে বেঁকে যায়।

তারপর জলকণার মধ্যে পূর্ণ অভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের (total internal reflection) পর এই আলো পৃথিবীর দিকে আসে। উপরের দিকের জলকণা থেকে আসে লাল রঙের আলো, নিচের দিক থেকে আসে বেগুনি, বাকি রং তাদের মধ্যে। এইভাবেই সূর্যের সাদা আলো ভেঙে তৈরি হয় সাতরঙা রামধনু — যেখানে উপরে লাল, নিচে বেগুনি, মাঝে সবুজ, হলুদ, কমলা। এই ভেঙে যাওয়াকেই বলে আলোর বিচ্ছুরণ।



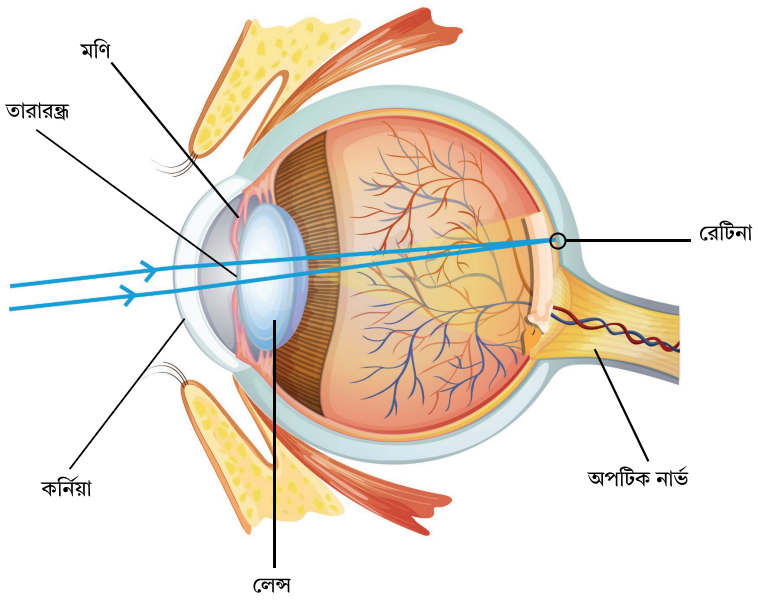
চাঁদের আলোতেও কি রামধনু তৈরি হতে পারে?

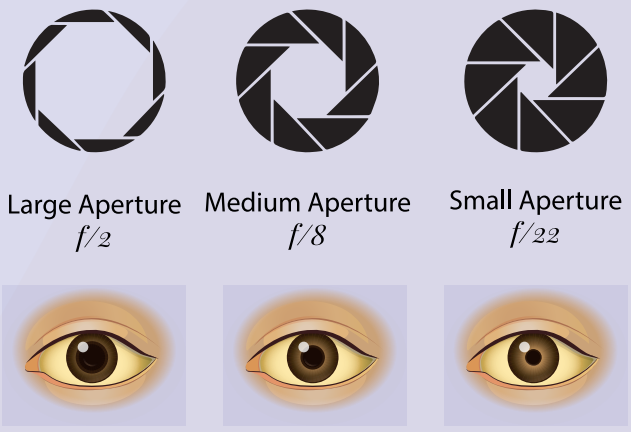
শেষমেশ চোখের ভিতর

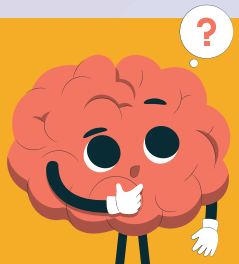
আলোর যাত্রা শেষ চোখের রেটিনায়

বিভিন্ন রঙের আলো শেষমেশ গিয়ে পড়ে চোখের কর্নিয়ায়, যা একটা লেন্সের কাজ করে। দূরের আলোকে ফোকাস করে পাঠিয়ে দেয় চোখের পিছনে। চোখে কতটা আলো ঢুকবে সেটা তারারন্ধ্রের (pupil) ব্যাস বাড়িয়ে কমিয়ে ঠিক করা যায়, অনেকটা ক্যামেরার শাটারের মতো।

সেই আলো চোখের ভিতরের তরল পেরিয়ে পৌঁছয় চোখের রেটিনায়।



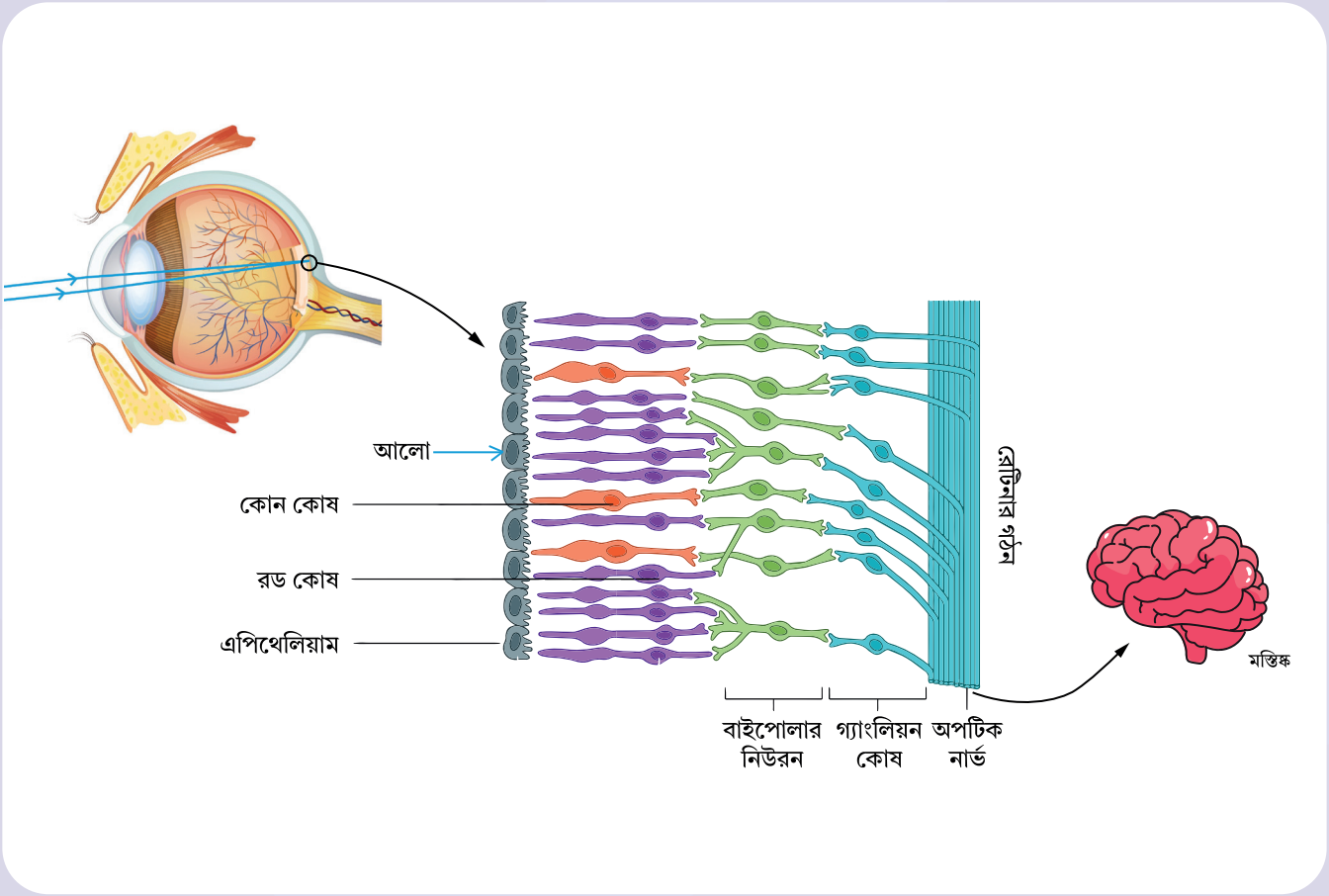




কর্নিয়া যদি লেন্স হিসেবে দূরের আলোকে একজোট করে, তাহলে তারারন্ধ্রের পিছনে ওই দ্বিতীয় লেন্স-টা কী করতে আছে?

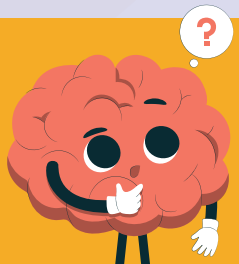
রেটিনায় আলো পরিণত হয় বৈদ্যুতিক সংকেতে

বৈদ্যুতিক সংকেত স্নায়ুর মাধ্যমে পৌঁছয় মস্তিষ্কে



রঙের অনুভূতির জন্য দায়ী হল রেটিনাতে থাকা তিনরকমের কোন কোষ (cone cell)। প্রথম প্রকার কোষ বেশী উত্তেজিত হয় নীল আলো দিয়ে, দ্বিতীয় প্রকার সবুজ আলো দিয়ে, আর তৃতীয় প্রকার লাল আলো দিয়ে। একটা নির্দিষ্ট তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো এই তিন প্রকার কোষে পড়লে প্রতিটা কোষের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া শুরু হয়। এই বিক্রিয়া রেটিনার গ্যাংলিয়ন কোষের মধ্যে যে বৈদ্যুতিক সংকেত সৃষ্টি করে, সেই সংকেত মস্তিষ্কের ভিজুয়াল কর্টেক্স অঞ্চলে পৌঁছয়। তবেই আমাদের একটা বিশেষ রং-এর অনুভূতি তৈরি হয়

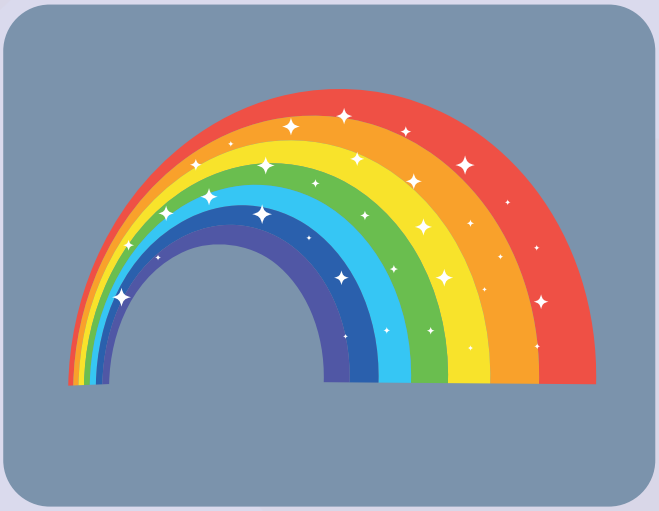
এতকিছুর পর তবেই হয় রামধনুর নানা রঙের উপলব্ধি!



আমরা রাতের অন্ধকারে রং চিনতে পারি না, কিন্তু অন্য কোনো জন্তু পারে কি? তাদের চোখগুলো আমাদের থেকে কীভাবে আলাদা?
[সংকেতঃ আমাদের ‘কোন’ কোষগুলো অল্প আলোয় সাড়া দেয় না।]

নিজে করো: রামধনু

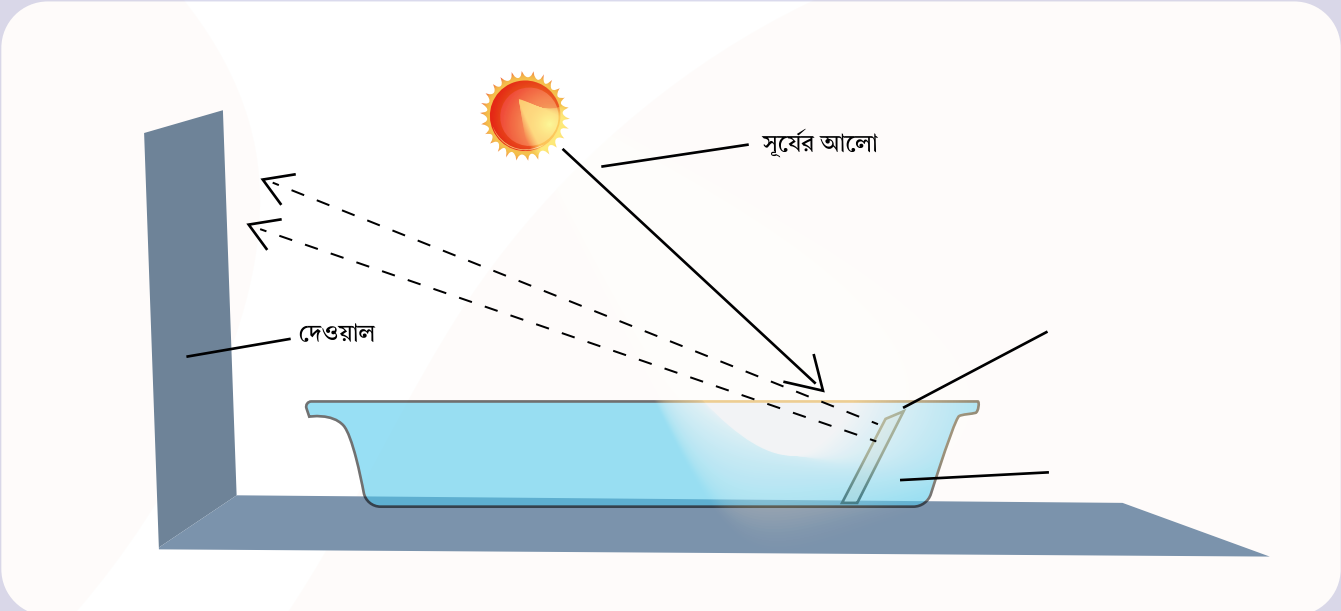
তোমরা নিজেরাও বাড়িতে রামধনু বানিয়ে মজা করতে পারো!



উপকরণ: সকালের বা বিকেলের সূর্য, জলের স্প্রে।

পদ্ধতি: সূর্যের দিকে পিঠ করে দাঁড়াও। সামনে বিস্তারিত অঞ্চলে জলের সূক্ষ্ম ফোঁটা স্প্রে করো। দেখো তো এই কুয়াশার মধ্যে রামধনু দেখতে পাও কিনা।

অথবা, জলের মধ্যে আয়না ডুবিয়ে, সেই আয়নায় প্রতিফলন থেকে রামধনু তৈরি করতে পারো।



ভেবে দেখো

আমরা এখানে জানলাম যে সূর্য থেকে আসা আলোর মধ্যে অনেকগুলো রং আছে। আবার দেখাই যায় না, এরকম অংশও আছে।

তাহলে বলো তো:

- সূর্যাস্তের সময় সূর্যকে লাল দেখি কেন? বাকি রংগুলোর কী হলো?

- চলন্ত প্লেনের জানালা থেকে দেখলে অনেকসময় মেঘের উপর প্লেনের ছায়ার চারদিকে একটা রামধনুর মতো রংচঙে বলয় দেখা যায়। একে বলে pilot's glory। এইটা কীভাবে তৈরি হয়?

- অনেক সময় আকাশে একটার জায়গায় দুটো রামধনু দেখা যায়, একটা স্পষ্ট, দ্বিতীয়টা একটু ফিকে। দুটো রামধনু কেন?

- একটা মৌমাছি নাকি আল্ট্রাভায়োলেট আলোও দেখতে পায়। মৌমাছির চোখে পৃথিবীটা কীরকম, সেটা আমরা বুঝতে পারি কি?

এখানে দেওয়া প্রশ্নের উত্তর ও অন্যান্য প্রশ্ন পাঠাতে পারো
info@bigyan.org-এ ইমেইল করে।

পোস্টারটি সম্পাদনা করেছে
bigyan.org.in-এর স্বেচ্ছাসেবকরা

কৃতজ্ঞতা স্বীকার - গোপাল মন্ডল, বাসুদেব দাশগুপ্ত,
পোস্টারের সজ্জা - Anonymous Digital

Bigyan.org.in is supported by Bigyan Inc., a 501(c)(3) non-profit organization in the USA (EIN: 88-1731834).

Scan to view Bigyan homepage

Scan to view all Bigyan Posters

Scan for WhatsApp Subscription