মাধ্যমিক বিজ্ঞান

TESS India

অনুধাবন অনুসন্ধান: কার্য এবং শক্তি

Probing understanding: work and energy

ভারতে বিদ্যালয় ভিত্তিক সহায়তার ভিত্তিতে শিক্ষকের জন্য শিক্ষা

www.TESS-India.edu.in

http://creativecommons.org/licenses/

The Open University

UKaid from the British people

TESS-ইন্ডিয়া (টিচার এডুকেশন থ্রু স্কুল বেসড সাপোর্ট) -এর লক্ষ্য হল শিক্ষার্থী-কেন্দ্রিক, অংশগ্রহণমূলক পদক্ষেপের উন্নতিতে শিক্ষকদের সহায়তা করার জন্য ওপেন এডুকেশনাল রিসোর্সেস (OERs)-এর সম্পদগুলির মাধ্যমে ভারতের প্রাথমিক এবং মাধ্যমিক শিক্ষকদের শ্রেণিকক্ষের রীতিগুলিকে উন্নত করা। TESS-ইন্ডিয়া OERs শিক্ষকদের স্কুলের পাঠ্যবইয়ের সহায়িকা প্রদান করে। এগুলি শিক্ষকদেরকে তাঁদের শিক্ষার্থীদের সঙ্গে শ্রেণিকক্ষে পরখ করে দেখার জন্য অ্যাক্টিভিটি প্রদান করে, আর একই সঙ্গে কিছু কেস স্টাডি প্রদান করে যেগুলি দেখায় যে অন্য শিক্ষকরা কীভাবে বিষয়টি পড়িয়েছেন এবং সম্পদগুলির মধ্যে যোগসূত্র স্থাপন করেছে যাতে শিক্ষকদেরকে তাঁদের পাঠের পরিকল্পনা ও বিষয়জ্ঞানকে উন্নত করতে সাহায্য করা যায়।

ভারতীয় পাঠ্যক্রম এবং প্রসঙ্গগুলির জন্য TESS-ইন্ডিয়া OERs সহযোগীতামূলক ভাবে ভারতীয় এবং আন্তর্জাতিক লেখকদের দ্বারা লেখা হয়েছে এবং এটি অনলাইনে এবং ছাপার ব্যবহারের জন্য উপলব্ধ আছে (http://www.tess-india.edu.in/) । OERs অনেক সংস্করণে পাওয়া যায়, এগুলি ভারতের প্রত্যেক অংশগ্রহণকারী রাজ্যের জন্য উপযুক্ত এবং স্থানীয় প্রয়োজনীয়তা এবং প্রসঙ্গ পূরণ করতে OERsকে ব্যবহারকারীদের গ্রহণ এবং স্থানীয় ভাষায় অনুবাদ করতে আমন্ত্রণ করা হয়।

TESS-ইন্ডিয়া দি ওপেন ইউনির্ভাসিটি UK দ্বারা পরিচালিত এবং UK সরকার আর্থিক বিনিয়োগ করেছে।

ভিডিও সম্পদসমূহ

এই ইউনিটে কিছু কার্যক্রমের সঙ্গে নিম্নলিখিত আইকনগুলি আছে: *। এর অর্থ হল যে নির্দিষ্ট শিক্ষাদান সংক্রান্ত থিমের জন্য TESS-ইন্ডিয়া ভিডিও সম্পদসমূহ দেখা আপনার পক্ষে সহায়ক হবে।*

TESS-ইন্ডিয়া ভিডিও সম্পদসমূহ ভারতের ক্লাসঘরের বিবিধ প্রকারের পরিপ্রেক্ষিতে মূল শিক্ষাদানসংক্রান্ত কৌশলগুলি চিত্রিত করে। আমরা আশা করি সেগুলি আপনাকে অনুরূপ চর্চা নিয়ে পরীক্ষা করতে সাহায্য করবে। সেগুলির উদ্দেশ্য হল পাঠ্যভিত্তিক ইউনিটের মাধ্যমে আপনার কাজের অভিজ্ঞতা বাড়ানো ও পরিপূর্ণ করা, কিন্তু আপনি যদি সেগুলি পেতে অসমর্থ হন, সেই ক্ষেত্রে এগুলি অপরিহার্য নয়।

TESS-ইন্ডিয়া ভিডিও সম্পদগুলি অনলাইনে দেখা যায় বা TESS-ইন্ডিয়া ওয়েবসাইট, (http://www.tess-india.edu.in/) থেকে ডাউনলোড করা যায়। অন্যথায় আপনি একটি সিডি বা মেমরি কার্ডে ভিডিওগুলি পেতে পারেন।

সংস্করণ 1.0 SS09v1
West Bengal

তৃতীয় ক্ষের উ াদানগুকলে বা অন্যর় য় বর্ণেত না হলে এই সামগ্রীটি একটি ক্রেয়েটিভ কমনস অ্যাক্ট্রেবেউশন-শেয়ারঅ্যালাইক লাইসেন্সের অধীনে উ লব্ : http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/

TESS-India is led by The Open University UK and funded by UK aid from the UK government

এই ইউনিটের বিষয়বস্তু

বিজ্ঞানের কিছু বিষয়কে বহু সংখ্যক শিক্ষার্থী শক্ত বলে মনে করে। কোনো একটি বিষয়ে শিক্ষার্থীদের এমন কিছু ধারণা থাকতে পারে যেগুলি শিক্ষকেরা 'ভুল' বলে বিবেচনা করতে পারেন। এটি শিক্ষার্থীদেরকে অবশ্যই স্বল্প সময়ের মধ্যে মুখস্থ করা বা প্রশ্নগুলির সঠিক উত্তর বের করাকে থামিয়ে দেবে না। অবশ্য পরীক্ষায় ভালো ফল করার জন্য এই বিশাল পাঠ্য ভালো করে বোঝা তাদের পক্ষে শক্ত হয়ে ওঠে। এইসব ধারণাগুলি শিক্ষার্থীদের মনে থেকে গেলে তাদের পক্ষে অগ্রসর হওয়াও কষ্টকর হবে। মানুষ বহু বিষয়ের ক্ষেত্রে সাধারণ ভ্রান্ত ধারণাগুলির একটি তালিকা প্রস্তুত করেছে বহু বছরের গবেষণার মাধ্যমে।

একজন শিক্ষক হিসাবে আপনাকে শিক্ষার্থীদের আগে শেখা বিষয়গুলির কিছুটা পূনর্গঠনের আকারে ধারণাভিত্তিক পরিবর্তন সাধনের উদ্দেশ্যে সাহায্য করবার প্রয়োজন হবে। আপনার ভুমিকা হবে নতুন নতুন প্রচেষ্টাগুলিকে আরো যুক্তিযুক্ত, প্রাসঙ্গিক এবং সংবেদনশীল করে তোলা যাতে সময়ে সময়ে এগুলি যেন শিক্ষার্থীদের চিন্তাভাবনা করার প্রধান উপায় হয় এবং তারা যেন আর আগে শেখা ধারণা ব্যবহার না করে। এই ইউনিটে মূল আলোকপাত করা হবে কার্য এবং শক্তির উপর যা শিক্ষার্থীদের (এবং কিছু প্রাপ্তবয়স্কদেরও) পক্ষে সঠিকভাবে বোঝার ক্ষেত্রে একটি কঠিন ধারণা। এই ইউনিটে আপনি যেসব পরিকল্পনা এবং পদ্ধতিগুলি শিখবেন সেগুলি অন্যান্য বিষয়গুলির ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য হবে।

এই ইউনিটে আপনি কী শিখতে পারেন

- কার্য এবং শক্তি সম্পর্কে শিক্ষার্থীদের মধ্যে থাকা কিছু ভ্রান্ত ধারণা।
- আপনি কীভবে কার্য এবং শক্তি সম্পর্কে আপনার শিক্ষার্থীদের বোধ গঠনের বিষয়ে জানতে পারবেন।
- শক্তি ও কার্য সম্পর্কে শিক্ষার্থীদের ধারণা বিকাশে ও এই সম্পর্কে আরো ভাল বোধ অর্জনে সহায়তা করার কয়েকটি উপায়।

কেন এই দৃষ্টিভঙ্গীটি গুরুত্বপূর্ণ

যে কোন বিষয়ে শিক্ষার্থীদের স্বীকৃত বিজ্ঞানভিত্তিক চিন্তাভাবনার থেকে ভিন্নতর ধারণা এবং চিন্তাভাবনা থাকতে পারে। তাহলেও, তারা তাদেরকে যে প্রশ্নগুলি জিজ্ঞাসা করা হয়েছে সেগুলির সঠিক উত্তর দিতে পারবে। অবশ্য, দীর্ঘমেয়াদি ভিত্তিতে 'ভুল' ধারণা থাকা একটি বড় সমস্যা যা শিক্ষার্থীদের অগ্রগতিকে থামিয়ে দেয়। শিক্ষার্থীদের উন্নতিতে সাহায্য করার জন্য শিক্ষকদের শিক্ষার্থীরা প্রকৃত পক্ষে কী ভাবছে সেগুলি জানা প্রয়োজন। অ-সহায়তাকারী ভাবনাগুলিকে চ্যালেঞ্জ জানানোর জন্য এবং সেগুলিকে কিছুটা কার্যকরী ভাবনা দ্বারা বদল করার উপায় শিক্ষকদের অনুসন্ধান করতে হবে। এটি সবাই ভালোভাবে জানেন যে (ড্রাইভার ও অন্যান্য, 1994), শিক্ষার্থীরা খুব অল্প সময়েই মুখস্থ করতে পারে, কিন্তু তারা যদি নতুন ধারণাগুলি সম্পূর্ণভাবে বুঝতে না পারে সেক্ষেত্রে দীর্ঘমেয়াদি ভিত্তিতে তারা তাদের নিজস্ব ভাবনা চিন্তায় ফিরে যাবে যেগুলি সম্পূর্ণভাবে সঠিক নাও হতে পারে। শিক্ষার্থীরা পাঠগুলির বিষয়ে চিন্তাভাবনার ক্ষেত্রে তাদের পূর্বের অভিজ্ঞতাকে টেনে আনার বিষয়ে একগুঁয়ে হতে পারে। ধারণাগত বিকাশের জন্য সক্রিয় শিখন প্রয়োজন (শিক্ষার্থীদের কাছে নতুন নতুন ভাবনা চিন্তা এবং উপায় তুলে ধরতে হবে)। শিক্ষার্থীদের অবশ্যই মানসিক কর্মকান্ডে নিযুক্ত করতে হবে যাতে তারা নতুন নতুন ভাবনা আবিষ্কার করে ও তাদের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করে।

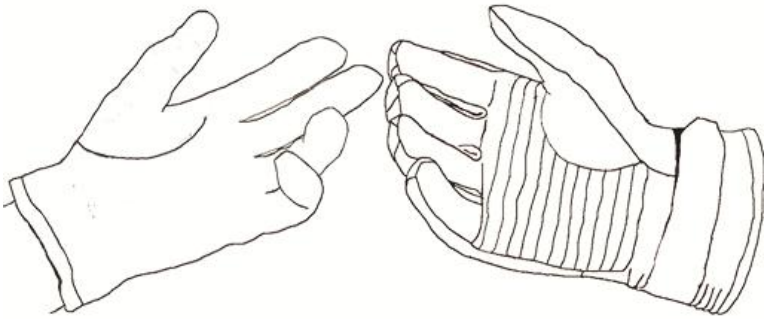
উদাহরণস্বরূপ, অধিকাংশ শিক্ষার্থী শক্তির সঙ্গে জ্বালানীকে গুলিয়ে ফেলতে পারে এবং বিভিন্ন পরিস্থিতিতে শক্তি খরচ হচ্ছে ভাবতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, তারা হয়ত সঠিকভাবে অনুমান করতে পারে যে কোনো একটি বলকে ইউ-আকৃতির পথে ছেড়ে দিলে যে উচ্চতা থেকে বলটিকে ছাড়া হয়েছিল তার থেকে বেশি উচ্চতায় আর উঠতে পারবে না কিন্তু তারা বলবে যে এর কারণ 'সমস্ত শক্তি নষ্ট হয়ে গিয়েছিল'। তারা যত উচ্চ শ্রেণিতে উঠবে ভৌতবিজ্ঞানে আর উন্নতি করতে পারবে না যদি তারা ভাবে যে শক্তি 'খরচ বা নষ্ট হয়ে গিয়েছে'। তাদেরকে বুঝতে হবে যে এটি সংরক্ষিত হয় এবং এটি কেবল এক রূপ থেকে অন্য রূপে রূপান্তরিত হয়।

1 শক্তি বিষয়ে কয়েকটি সাধারণ ভ্রান্ত ধারণা

যখন শিক্ষার্থীরা একটি নতুন পরিস্থিতির বিষয়ে বুঝতে চেষ্টা করে, তারা তখন তাদের দৈনন্দিন অভিজ্ঞতা কাজে লাগায় এবং আগে ভালো কাজ দিয়েছিল এমন ভাবনার আশ্রয় নেয়। শিক্ষকেরা এইসব ভাবনাগুলির মধ্যে কয়েকটিকে 'অবৈজ্ঞানিক' বা 'স্বীকৃত ব্যাখ্যা নয়' এই রূপে চিহ্নিত করতে পারেন। কিন্তু যত সময় ধরে শিক্ষার্থীরা এই ভাবনাগুলি অনুমান করতে পারবে যে কী ঘটতে চলেছে, ততই তারা সেগুলিকে ব্যবহার করবে।

এই 'ভ্রান্ত ধারণাগুলি', সঠিকভাবে শেখা হয় নি এমনকোনো সংজ্ঞা বা সমীকরণের মত নয়। ভ্রান্ত ধারণাগুলি শিক্ষার্থীদের সেইসব ব্যাখ্যার ফলাফল হতে পারে যেগুলি অন্যেরা (কখনও কখনও খুব প্রিয় ও শ্রদ্ধেয় একজন আত্মীয় বা শিক্ষক) তাদেরকে দিয়েছিল । কখনও কখনও এই ব্যাখ্যাগুলি শিক্ষার্থীরা নিজেরাই নিজেদের মতো করে তৈরি করে নেয়। বা হতে পারে যে, এই ব্যাখ্যাগুলি আগের শ্রেণির জন্য উপযুক্ত হতে পারে কিন্তু সেগুলি এখন আরও অধিকতর জটিল ধারণা বা বিষয়ের জন্য প্রাসঙ্গিক নয়।

এই ভাবনার বিষয়ে 'সাধারণ বোধ' –এর একটি আবেদন প্রায়শই থাকে, কিন্তু সমস্যা হলো সেগুলি ব্যবহার করা মাধ্যমিক বিজ্ঞানের পক্ষে কার্যকরী নয়। এই ভাবনাচিন্তাগুলি বিজ্ঞানের স্বীকৃত মডেলগুলি বোঝার পক্ষে বাধা হয়ে দাঁড়া, উদাহরণস্বরূপ, অধিকাংশ মানুষ ভাবে যে আচ্ছাদন বস্তুকে গরম করে তোলে। কারণ তারা দেখেছে যে শীতের সন্ধ্যায় পুরু পোষাক 'তাদের শরীরকে গরম' রাখে। এটি থেকে যে ভ্রান্ত অনুমান গড়ে উঠতে পারে তার একটি উদাহরণ হল:



চিত্র 1 একটি পাতলা দস্তানা এবং একটি মোটা দস্তানা বাইরের দিক থেকে দেখলে কোনটিকে গরম মনে হবে?

- **ভুল অনুমান** যেহেতু মোটা দস্তানার বাইরের দিকে সেন্সর লাগানো আছে (চিত্র 1 দেখুন) তাই পাতলা দস্তানার তুলনায় বেশি তাপমাত্রা দেখা যাবে কারণ মোটা দস্তানা হাতকে গরম রাখে। মোটা দস্তানাগুলি বেশ গরম সেই কারণে দস্তানার বাইরের দিকটি বেশি তাপমাত্রায় থাকবে।
- **সঠিক অনুমান:** মোটা দস্তানায় যে সেন্সর লাগানো আছে সেটিতে কম তাপমাত্রা দেখা যাবে কারণ মোটা দস্তানাটি গরম হাত থেকে ঠান্ডা পরিবেশে শক্তির স্থানান্তর ধীর গতিতে করে, যা পাতলা দস্তানা করত তার তুলনায় কম। মোটা দস্তানার বাইরের দিকটি আপেক্ষিকভাবে ঠান্ডা থেকে যাবে।

কেস স্টাডি 1: শক্তি সম্পর্কে ভ্রান্ত ধারণা

শ্রী দিব্যেন্দু চক্রবর্তী স্থানীয় ডায়েট (DIET)-এ একটি প্রশিক্ষণ কর্মসূচীতে উপস্থিত হয়েছিলেন। সেখানে বসে প্রশিক্ষকের কথা শোনার পরিবর্তে দলগতভাবে কয়েকটি কর্মকান্ডে অংশগ্রহণ করতে বলা হয়েছিল।

গত সপ্তাহে আমি বিজ্ঞানের সাধারণ ভ্রান্ত ধারণাগুলির বিষয়ে একটি প্রশিক্ষণ কর্মসূচীতে অংশগ্রহণ করেছিলাম। প্রশিক্ষক আমাদেরকে তিনজনের একেকটি দল তৈরি করে কাজ করতে বলেছিলেন যেখানে আমাদের মধ্যে একজন করে ভৌতবিবিজ্ঞান, রসায়ন এবং জীবনবিজ্ঞান–এর শিক্ষক ছিলেন। প্রশিক্ষক আমাদের বিবেচনার জন্য প্রত্যেক বিষয়ের উপর একটি করে মোট তিনটি প্রশ্ন দিয়েছিলেন। আমাদেরকে নিজে থেকে প্রতিটি প্রশ্ন নিয়ে চিন্তা করতে হয়েছিল তারপর আমাদের ভাবনাচিন্তা ভাগ করে নিয়েছিলাম, বিষয়ভিত্তিক শিক্ষক তার নিজস্ব ভাবনা বলার আগে আমাদের ধারণাগুলি শুনেছিলেন।

ভৌতবিজ্ঞানে "একটি মহাকাশযান আমাদের সৌরজগতে দীর্ঘসময়ের জন্য যাত্রা করতে চলেছে, এটি একটি শক্তিশালী রকেট ইঞ্জিন যেটিতে একটি বড় জ্বালানীর ট্যাঙ্ক আছে। কেন এটির এত পরিমাণ জ্বালানীর প্রয়োজন এবং যখন এই জ্বালানীটি ব্যবহার হয়ে যাবে তখন কি হবে?" এই প্রশ্নটি নিয়ে আমাদের চিন্তাভাবনা করতে হয়েছিল। আমি একজন জীববিবিজ্ঞান শিক্ষক এবং আমার পক্ষে এই সম্পর্কিত চিন্তাভাবনা ভাগ করে নেওয়া যথেষ্ট চিত্তাকর্ষক এবং কিছুটা ভয়ের ছিল। আমি বললাম যে, এই পৃথিবী থেকে বেরিয়ে যেতে এবং মহাকাশযানটিকে এই বিশাল পথ অতিক্রম করবার জন্য জ্বালানীর প্রয়োজন হবে। একবার সমস্ত জ্বালানী ব্যবহৃত হয়ে গেলে, মহাকাশযানটির গতি কমে আসবে এবং থেমে যাবে তাই যদি যথেষ্ট জ্বালানী না থাকে তাহলে হয়ত এটি মহাকাশের মাঝে আটকে যাবে।

আমার ভৌতবিজ্ঞানের সহকর্মী ব্যাখ্যা করে জানালেন যে, পৃথিবী অভিকর্ষ ক্ষেত্র অতিক্রম করার জন্য এই বিশালাকার জ্বালানী ট্যাঙ্কগুলির প্রয়োজন হবে। মহাকাশে পৌঁছে যাত্রার প্রধান অংশের জন্য আপেক্ষিকভাবে ছোট ছোট মোটরের প্রয়োজন হবে। মহাকাশে বাতাসের কোনো প্রতিবন্ধকতা নেই বা কোনো মহাকর্ষ বল অতিক্রম করতে হবে না, তাই মহাকাশযানের নির্দিষ্ট গতিবেগ থাকবার জন্য কোনো জ্বালানীর প্রয়োজন হয় না – কেবল গতি বা দিক পরিবর্তনের প্রয়োজন হয়।

আমি যখন আমার ভুল বুঝতে পারলাম তখন আমি কিছুটা লজ্জিত হয়ে পড়লাম, কিন্তু প্রশিক্ষক আমাদের জানালেন যে, অধিকাংশ মানুষেরই আমার মতোই ধারণা থাকে। তিনি যখন আমাদেরকে এই কথাটি বললেন তখন আমরা কিছুটা স্বস্তি পেলাম। ভৌতবিজ্ঞানের শিক্ষকের কাছে গাছ, খাবার এবং সালোকসংশ্লেষ নিয়ে করা জীবনবিজ্ঞানের প্রশ্নগুলি নিয়ে একই পরিস্থিতি হয়েছিল। আমাদের কেউই বোকা ছিলাম না; আসলে আমরা প্রত্যেকেই আমাদের প্রতিদিনকার জীবনের অভিজ্ঞতার ভিত্তিতে সচরাচর পরিচিত নই এমন বিষয়গুলি ব্যাখ্যা করার চেষ্টা করেছিলাম এখানে আমাদের প্রয়োজন ছিল বিজ্ঞানের স্বীকৃত মডেলগুলি নিয়ে সঠিকভাবে ব্যাখ্যা করা যে কী ঘটেছিল।

চিন্তার জন্য সাময়িক বিরতি

- আপনি 'মহাকাশযানটির' প্রশ্নের উত্তরে কী বলতেন এবং কেন?
- 'শক্তি এবং কার্য' শীর্ষক বিষয়ে আপনার শিক্ষার্থীরা যে ভুল ধারণাগুলি বলেছিল সেগুলি আপনি লক্ষ করতে পেরেছিলেন কি?

আপনি সম্পদ 1-এ সাধারণ ভুল ধারণার বিষয়ে এরকম আরো উদাহরণ পেতে পারেন।

প্রত্যেকেরই বিজ্ঞানের বিষয়ে ভুল ধারণা থাকে যেগুলি পাঠ্যক্রমের বিজ্ঞানভিত্তিক মডেল থেকে আলাদা হয়। আপনার কাছে এটি বিস্ময়কর লাগতে পারে যে, শিক্ষকদেরও তাদের নিজেদের বিষয়গুলিতেও ভ্রান্ত ধারণা থাকতে পারে। তারা প্রায়শই এটি উপলব্ধি করেন, যখন তাদের কাছে যা পড়াননি বা আগে শেখাননি, বা একটু অস্বাভাবিক বা সচরাচর ব্যবহৃত হয় না এমন কোনো প্রশ্ন আসে।

এটি লজ্জাজনক মনে হলেও একজন ভালো শিক্ষক কোনো গুরুত্বপূর্ণ বিষয় শিখছেন এবং তাদের নিজস্ব জ্ঞানের উন্নতি ঘটাচ্ছেন ভেবে সাদরে গ্রহণ করে নেবেন। শিক্ষার্থীদের কাছ থেকে আসা সম্ভাব্য সমস্যাগুলি চিহ্নিত করে সমাধানের চেষ্টা করা সমন্ধে তাদেরকে সচেতন করে তুলবে ।

অ্যাক্টিভিটি 1: শিক্ষার্থীদের কার্যকলাপে সাধারণ ভ্রান্ত ধারণাগুলি

এই অ্যাক্টিভিটি আপনাকে কার্য এবং শক্তি সম্পর্কে শিক্ষাদানের পরিকল্পনা রচনায় সাহায্য করবে। এই অ্যাক্টিভিটির জন্য আপনার সম্পদ 1 প্রয়োজন, তার সঙ্গে এক সেট স্টিকার প্রয়োজন।

সম্পদ 1-এ উল্লিখিত সাধারণ ভ্রান্ত ধারণাগুলির তালিকাটি পড়ুন। এই পাঠে শিক্ষার্থীদের কাজের পূর্বে এগুলির মধ্যে কোনটির সঙ্গে আপনার পূর্ব পরিচয় ঘটেছে?

এবার নবম শ্রেণির বইয়ে কার্য এবং শক্তি বিষয়ক অংশটি পড়ুন। আপনি যখন পড়বেন, সম্পদ 1-এর যেকোন ভুলধারণাগুলির জন্য

অনুসন্ধান করুন যা হয়ত এই পাঠ্যাংশটির সঙ্গে সম্পর্কিত। প্রত্যেকবার আপনি যখনই সম্ভাব্য ভ্রান্ত ধারণাগুলি চিহ্নিত করতে পারবেন সেগুলিকে স্টিকি লেবেলে লিখে ফেলার পরে পাঠ্যবইয়ের প্রাসঙ্গিক অংশে আটকে দিন। আপনি দেখতে পাবেন যে কয়েকটি সম্ভাব্য ভ্রান্ত ধারণা বেশ কয়েকবার প্রাসঙ্গিক হবে, আবার কয়েকটিকে মনে হতে পারে যে সেগুলি প্রাসঙ্গিক নয়। প্রতিটি অংশের জন্য বা প্রতিটি ভ্রান্ত ধারণার জন্য সেগুলি যে মিলবে সে বিষয়ে বেশি চিন্তা করার কোনো প্রয়োজন নেই। এই অ্যাক্টিভিটির উদ্দেশ্য হলো কয়েকটি সাধারণ ভ্রান্ত ধারণার বিষয়ে আপনাকে সতর্ক করা, যাতে সেগুলি যখন উদ্ভূত হবে তখন লক্ষ করার বিষয়ে আপনি প্রস্তুত থাকবেন। আপনি যা সন্ধান করছিলেন তা যখনই আপনি পাবেন তখন সেগুলিকে চিহ্নিত করা আপনার পক্ষে অধিকতর সহজ হবে।

পরের বিভাগে আপনি শিক্ষার্থীদের বোধ অনুসন্ধানের পদ্ধতি বিষয়ে শিখতে পারবেন। এখানে যে পদ্ধতিগুলি প্রদর্শন করা হয়েছে সেগুলি যে কোন বিষয়-এর ক্ষেত্রে কাজ করে। সম্পদ 'অগ্রগতি ও কার্যকারিতা মূল্যায়ন' কার্যকরীও হবে।

ভিডিও: অগ্রগতি ও কার্যকারিতা মূল্যায়ন

2 কার্য এবং শক্তি বিষয়ে শিক্ষার্থীদের বোধ অনুসন্ধান

আপনি কীভাবে আপনার শিক্ষার্থীদের কার্য এবং শক্তি বিষয়ে বোধ অনুসন্ধান করতে পারবেন? যদি তারা গণনা বিষয়ক প্রতিটি প্রশ্নের সঠিক উত্তর দিতে পারে তাহলে আপনি ধরে নিতে পারেন যে, তাদের এই বিষয়ে বোধ ভালোই আছে। অবশ্য, শিক্ষার্থীদের কার্য এবং শক্তি বিষয়ে ভ্রান্ত ধারণা থাকলেও তারা গণনার কাজটি সঠিক করতে পারে। যে নিয়ম প্রয়োগ করে তারা গণনার কার্যটি সম্পন্ন করে সেটি ভৌতবিজ্ঞান বোঝার উপরে নির্ভর করে না।

উদাহরণস্বরূপ, মনে করুন আপনি একজন শিক্ষার্থীর কাছে জানতে চাইছেন কোনো একটি m ভরের বস্তুকে h উচ্চতায় তুলতে কতটা সম্ভাব্য শক্তি (E_p) প্রয়োজন হবে। তারা জানে যে $E_p = mgh$, সুতরাং যদি আপনি তাদেরকে m, g এবং h-এর মান উল্লেখ করে দেন তাহলে তারা গণনাটি করে ফেলতে পারবে। অবশ্য, তারা হয়ত ব্যাখ্যা করতে পারবে না যে যদি ভার মুক্ত করা হয় তখন কী ঘটবে। মাটিতে পড়লে শক্তি কীভাবে স্থানান্তরিত হবে এবং শক্তির সংরক্ষণ হবে।

তারা হয়ত বলতে পারে যে, ভারটি যখন উপরে তোলা হলো তখন তাতে স্থিতিশক্তি ছিল এবং পড়ন্ত অবস্থায় এটির গতিশক্তি ছিল। সেই ভারটি যখন মাটিতে পড়ল তখন তার শক্তি কোনোভাবে 'চলে গেল'। এ থেকে আরো কয়েকটি প্রশ্ন করা যেতে পারে যে, যদি শক্তি সংরক্ষিত হয় তাহলে সেই 'হারিয়ে যাওয়া শক্তির' কী ঘটলো।

আপনি কার্য এবং শক্তি বিষয়ে আপনার শিক্ষার্থীদের বোধের অনুসন্ধানের জন্য কয়েকটি সাধারণ কৌশল ব্যবহার করতে পারেন। এই সমস্ত কৌশলগুলির মধ্যে যে সাধারণ বিষয়টি আছে সেটি হলো এগুলি শিক্ষার্থীদেরকে তাদের ভাবনা চিন্তা আপনার সঙ্গে এবং অন্যান্য শিক্ষার্থীদের সঙ্গে ভাগ করে নিতে সাহায্য করে। এটি ভীষন গুরুত্বপূর্ণ কেননা পূর্বজ্ঞান এবং বোধ নতুন শিক্ষার ভিত্তি হিসাবে কাজ করে।

শিক্ষার্থীদের বোধ সম্পর্কে অনুসন্ধান করার কার্যকরী কৌশলগুলি হল নির্দিষ্ট প্রশ্ন জিজ্ঞাসা করা, দলবদ্ধ আলোচনা, এবং পোস্টার প্রদর্শনী, তার সঙ্গে সঙ্গে নিম্নলিখিত প্রচেষ্টাগুলি যেগুলি হয়ত কম পরিচিত:

- **'অনুমান কর এবং ব্যাখ্যা কর':** শিক্ষার্থীদের সামনে একটি পরিস্থিতির উপস্থাপনা করুন এবং তাদেরকে পরে কী ঘটবে সেটি অনুমান করতে বলুন এবং তাদের অনুমান ব্যাখ্যা করতে বলুন।
- **'সত্য/মিথ্যা/নিশ্চিত নই' কার্ড বাছাই:** শিক্ষার্থীদের প্রতি জুটি বা দলে এক সেট কার্ড দিন যার প্রত্যেকটিতে কার্য এবং শক্তি বিষয়ে একটি মাত্র মন্তব্য উল্লেখিত আছে। শিক্ষার্থীরা কার্ডগুলি 'সত্য', 'মিথ্যা', এবং 'নিশ্চিত নই' এই ভিত্তিতে বাছাই করে পৃথক পৃথক গোছ করে রাখবে।
- **'ট্রাফিক লাইট':** শিক্ষার্থীদের প্রতিটি দল সবুজ(সত্য), লাল(মিথ্যা) বা হলুদ(নিশ্চিত নই) ভোটিং কার্ড তুলে ধরে একেকটি মন্তব্যের বিষয়ে তাদের সিদ্ধান্ত প্রকাশ করবে

- **কনসেপ্ট কার্টুন:** যে কার্টুনগুলি কী ঘটছে সেই বিষয়ে একটি বা দুটি মন্তব্য করার মাধ্যমে একটি পরিস্থিতির বর্ণনা করে। শিক্ষার্থীদের সিদ্ধান্ত নিতে হবে যে, কোন মন্তব্য গুলির ক্ষেত্রে তারা স্বীকৃত বা অস্বীকৃত হচ্ছে এবং বলতে হবে কেন।
- **অ্যানোটেটেড ডায়াগ্রাম:** কার্য এবং শক্তি বিষয়ক ধারণা ব্যবহার করে, শিক্ষার্থীদের কোনো একটি পন্থা বা পরিস্থিতির বিষয়ে একটি ছবি বা ডায়াগ্রাম ব্যাখ্যা করতে বলুন

আপনি সম্পদ 2-এ এগুলির প্রতিটি বিষয়ের উদাহরণ দেখতে পাবেন।

কেস স্টাডি 2: শ্রেণিকক্ষের কার্যকলাপে বোধের অনুসন্ধান

শ্রীমতি সোমা সরকার কার্য এবং শক্তির বিষয়ে তার শিক্ষার্থীদের বোধ অনুসন্ধানের জন্য কয়েকটি কৌশল প্রয়োগের চেষ্টা করছেন।

যখনই আমি নবম শ্রেণিতে কার্য এবং শক্তির বিষয়ে শিখিয়েছি তারা তখন গণনাগুলি কোনো না কোনোভাবে সম্পন্ন করতে পেরেছিল, কিন্তু যেখানে কিছু একটা প্রদর্শন করতে বলা হয়েছিল বা ব্যাখ্যা করতে বলা হয়েছিল সেখানে তারা ভুল করে ফেলছিল। আমি যদি জানতে পারতাম, কোন বিষয়গুলিতে আমার শিক্ষার্থীদের দ্বিধা রয়েছে আমি সম্ভবত সেগুলির জন্য তাদের সাহায্য করতে পারতাম!

এই বছর, আমি সিদ্ধান্ত নিয়েছিলাম যে, আমার নবম শ্রেণির শিক্ষার্থীরা কার্য এবং শক্তির বিষয়ে কী কী বুঝতে পারছে না সেগুলি খুঁজে বের করার চেষ্টা করবো। আমি চাই নি যে, কেউ কোনো কিছু পরিস্কার ভাবে অঙ্কন করতে বা লেখার জন্য অনেক সময় ব্যয় করুক, তাই প্রশিক্ষণ পর্যায়ে প্রদর্শিত দুটি কনসেপ্ট কার্টুন ব্যবহার করার সিদ্ধান্ত নিয়েছিলাম [এগুলি সম্পদ 2-এর কার্টুনগুলি] । শিক্ষার্থীরা কোনো একজনের মতামত শুনতে পছন্দ করে এবং সেই বিষয়ে সিদ্ধান্ত নেয় এবং আমি কনসেপ্ট কার্টুন ব্যবহার করার ধারণাটি পছন্দ করি কারণ সেগুলি শিক্ষার্থীদের উত্তর দেওয়ার পূর্বে তাদেরকে বিভিন্ন সম্ভাবনাগুলি বিবেচনা করতে উৎসাহিত করে।

প্রথমত, আমি শিক্ষার্থীদের তিনজন বা চারজনের দলে ভাগ করে দিয়েছিলাম এবং প্রতিটি দলকে দুটি করে কনসেপ্ট কার্টুন দিয়েছিলাম। আমি তাদের বলেছিলাম যে, তাদের এই দুটি কার্টুন নিয়ে নিজেদের দলের মধ্যে আলোচনা করার জন্য পাঁচ মিনিট সময় পাবে এবং প্রতিটির ক্ষেত্রে সর্বোত্তম উত্তরটি কী হবে সেটি নির্ধারণ করতে হবে। আমি প্রতিটি দলকে দুটি করে ডিসিশন কার্ড দিয়েছিলাম একটিতে বড় আকারে ক ('উত্তর ক'টি অধিকতর ভালো') এবং অন্যটিতে বড় আকারে খ লেখা ছিল।

আমি গোটা শ্রেণিকক্ষটি প্রদক্ষিণ করলাম এবং আলোচনাগুলি শুনলাম। কখনও কখনও তারা দারুন প্রাণবন্ত থাকে, কিন্তু আমি বলতে পারি যে, আমার শিক্ষার্থীরা আলোচনায় উৎসাহী ছিল।

দশ মিনিট পরে আমি আলোচনা থামিয়ে দিলাম এবং আমার শিক্ষার্থীদের বললাম যে, প্রতিটি দল থেকে একজন করে নির্বাচন করতে যে তাদের আলোচনা বিষয়ে প্রতিবেদন পাঠ করবে। আমি ঘরের সামনে দাঁড়িয়ে রইলাম যেখানে সকলে আমার মুখোমুখি ছিল এবং এই একই সময়ে আমি দলের প্রতিনিধিদের তাদের নির্বাচিত কার্ডগুলি প্রদর্শন করতে বললাম, সুতরাং আমিই একমাত্র ব্যক্তি যে একমাত্র দেখতে পারে যে, সেই সিদ্ধান্তগুলি কী ছিল। আমি যে উত্তরগুলি সর্বোত্তম বলে ভেবেছিলাম সেগুলির সঙ্গে প্রতিটি দল একমত হয় নি, কিন্তু অন্য দলগুলি সেগুলি দেখতে পায়নি।

আমি যে উত্তরটি সর্বোত্তম হবে বলে ভেবেছিলাম সেটির সঙ্গে মিলে যাওয়া দলগুলির থেকে কোনো একজনকে জিজ্ঞাসা করলাম যে, কীভাবে তারা সেটি বেছে নিয়েছিল সেটি ব্যাখ্যা করতে। আমি তাদেরকে উৎসাহিত করতে চেয়েছিলাম যে, তারা যেন কোনো রকম লজ্জা না পেয়ে তাদের চিন্তাভাবনা গোটা শ্রেণির সকলের সঙ্গে ভাগ করে নেয়, তাই তারা যেভাবে ব্যাখ্যা করেছিল সেটিকেই প্রশংসা করেছিলাম এবং আমি বলেছিলাম যে আমি যখন শ্রেণিকক্ষ প্রদক্ষিন করছিলাম তখন তাদের আলোচনাগুলি শুনে ভীষণভাবে প্রভাবিত হয়েছিলাম। যখন সব দলগুলি দ্বিতীয় কার্টুনের বিষয়ে ভোট দিয়েছিল আমি অন্য একটি দলকে তারা কেন সেই সিদ্ধান্ত নিয়েছিল সেটি ব্যাখ্যা করার জন্য বলেছিলাম, পুনরায় আমি নিশ্চিত হতে চেয়েছিলাম যে, তারা যে উত্তরটি বেছে নিয়েছে সেটি আমার ভাবা সর্বোত্তম উত্তরের সঙ্গে মিলে গেছে। আমার শিক্ষার্থীরা জানতে চেয়েছিল যে, আমি কোন উত্তরটিকে সর্বোত্তম ভেবেছিলাম এবং কেন ভেবেছিলাম, সেই কারণে আমরা কার্টুনের বিষয়ে কথা বলার জন্য আরো পাঁচ মিনিট সময় ব্যয় করলাম।

আমার শিক্ষার্থীদের কথা শোনা আমাকে আমার পরবর্তী পাঠের বিষয়ে পরিকল্পনা করতে সহযোগিতা করেছিল। এখন আমি তাদের পূর্বের বোধের বিষয়ে অনেক বেশি ওয়াকিবহাল এবং বিজ্ঞান বিষয়ক স্বীকৃত ধারণাগুলির বিষয়ে তাদের পরিচিত করার জন্য পরিস্থিতি তৈরি করতে পারি।

ভিডিও: পর্যবেক্ষণ ও মতামত প্রদান

অ্যাক্টিভিটি 2: শ্রেণিকক্ষে 'কার্য'-এর বিষয়ে শিক্ষার্থীদের জ্ঞানের পরীক্ষা নেওয়া

এই অ্যাক্টিভিটি আপনার শ্রেণি শিখন-শিক্ষন প্রক্রিয়ার অভ্যাসের বিষয়ে উন্নতি ঘটাবে। আপনি যে কৌশলটি ব্যবহার করতে চলেছেন সেটি সম্পদ 2-এ প্রদর্শন করা হয়েছে যার মাধ্যমে আপনি কার্য এবং শক্তির বিষয়ে শিক্ষার্থীদের বোধ অনুসন্ধান করতে পারবেন।

- প্রতিদিনকার জীবনে 'কার্য' অন্তর্ভুক্ত আছে এমন পরিস্থিতিগুলির কথা শিক্ষার্থীদের চিন্তা করতে বলুন। প্রতি ক্ষেত্রে, তাদের জিজ্ঞাসা করুন কীভাবে কার্য করা হয় এবং কেন তারা সেটি মনে করে তা ব্যাখ্যা করতে বলুন। আপনি এটিকে 'অনুমান এবং ব্যাখ্যার' প্রচেষ্টার উদাহরণ বলে গণ্য করতে পারেন। (এই পাঠের পূর্বে, আপনি দলগুলির কাছে জানতে চাইবেন এমন তিনটি বা চারটি পরিস্থিতির উদাহরণ বেছে রাখুন। সেই বিষয়ে আপনি নিজে কোন সিদ্ধান্ত পছন্দ করছেন এবং তাদের ব্যাখ্যার সঙ্গে আপনি কী কী যোগ করতে চাইবেন সে সম্পর্কেও একটি নোট লিখে রাখুন। সম্পদ 3 এই বিষয়ে কাজে লাগবে।)
- কোনো বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করা সত্ত্বও সেটির স্থান পরিবর্তন হয় না এমন একটি পরিস্থিতির কথা চিন্তা করতে বলুন ।
- তাদের এমন পরিস্থিতির কথা চিন্তা করতে বলুন, যেখানে কোনো একটি বস্তুর উপর বল প্রয়োগ না করা সত্ত্বও সেটির স্থান পরিবর্তন ঘটেছে।
- দলগুলির বিভিন্ন পরিস্থিতির কথা আলোচনার সময় আপনি প্রদক্ষিণ করুন। কোন বাধা না দিয়ে, প্রতিটি দল থেকে কী কী উত্তর এল এবং তারা কী কী যুক্তি দিল সেগুলির বিষয়ে একটি নোট তৈরি করুন।
- আপনার শিক্ষার্থীদের কাছে আপনি যে যে উত্তরগুলি আশা করেছিলেন সেগুলি নিয়ে আলোচনা করুন এবং তাদের পূর্বানুমানের প্রতিটি কারণের ব্যাখ্যা দিতে থাকুন।
- পাঠটির পরে এই প্রশ্নগুলি সম্পর্কে চিন্তা করুন:
  - শিক্ষার্থীদের সিদ্ধান্ত নেওয়ার ক্ষেত্রে সবথেকে কষ্টকর পরিস্থিতিগুলি কী কী ছিল?
  - অধিকাংশ দলগুলি কোন পরিস্থিতিগুলিকে সঠিকভাবে পূর্বানুমান ও ব্যাখ্যা করতে পেরেছিল?
  - কোন পরিস্থিতিগুলির ক্ষেত্রে দলগুলি ভুল করেছিল? এই পরিস্থিতির জন্য দলগুলি কোন ধরনের যুক্তি দিয়েছিল?

চিন্তার জন্য সাময়িক বিরতি

- দলগুলির দেওয়া কোনো উত্তরে আপনি কি বিস্মিত হয়েছিলেন?
- আপনার শিক্ষার্থীদের ভুল ব্যাখ্যার ক্ষেত্রে কি কোনো সাধারণ ভ্রান্ত ধারণা ছিল?

চিত্র 2 যখন আপনার শিক্ষার্থীরা কাজ করতে থাকবে, তখন আপনি শ্রেণিকক্ষে পায়চারী করুন এবং তারা কী কী বিষয় নিয়ে আলোচনা করছে সেটি মন দিয়ে শুনুন। যদি প্রয়োজন হয়, তৎক্ষণাৎ তাদেরকে প্রশ্ন করুন, কিন্তু সেগুলির উত্তর কোনোভাবেই বলে দেবেন না।

3 কার্য এবং শক্তির বিষয়ে শিক্ষার্থীদের সঠিক বোধের বিকাশে সাহায্য করা

কোনো ধারণা ব্যাখ্যা করতে গিয়ে যদি দেখা যায় কোনো শিক্ষার্থীর কোনো ভ্রান্ত ধারণা আছে, তাহলে তা দূর করতে আপনাকে তাদের সামনে ধারণাটি আরো ভালোভাবে ব্যাখ্যা করার অন্য একটি উপায় অবলম্বন করতে হবে। কখনও কখনও শিক্ষার্থীরা আংশিকভাবে 'নতুন উন্নত' মডেল গ্রহণ করে, কিন্তু তার পাশাপাশি আরেকটি 'সংকর' (hybrid) মডেল নিজেদের মধ্যে তৈরি করে বা পরিস্থিতির উপর নির্ভর করে মডেলগুলির মধ্যে পাল্টা-পাল্টি করতে থাকে।

এই সমস্যার কোনো একক সমাধান নেই, কিন্তু গবেষণা এবং সাধারণ অভিজ্ঞতা থেকে জানা নিম্নলিখিত কৌশলগুলি আপনার কাজে লাগতে পারে:

- শিক্ষার্থীদের সুযোগ দিন যাতে তারা অন্যান্য শিক্ষার্থীদের সঙ্গে একটি সহযোগিতামুলক পরিবেশে তাদের চিন্তাভাবনা নিয়ে আলোচনা করতে পারে।
- শিক্ষার্থীদেরকে ভিন্ন ভিন্ন পরিস্থিতিতে তাদের মডেল ব্যবহার করে কী ঘটতে পারে সে বিষয়ে পূর্বানুমান করতে বলুন। পরিস্থিতিগুলি চিহ্নিত করুন যেখানে তাদের সাম্প্রতিক মডেলগুলি কাজ না করে স্বীকৃত বিজ্ঞানভিত্তিক মডেল কাজ করে। এই মডেলগুলির মধ্যে পার্থক্য আলোচনা করুন।
- শিক্ষার্থীদেরকে তাদের ভাবনা চিন্তা শুধরে নিতে ও মোকাবিলা করতে সুযোগ দিন।

যত্নসহকারে গঠিত ব্যবহারিক অভিজ্ঞতা এবং প্রদর্শন কোনো একটি ভ্রান্ত ধারণাকে চ্যালেঞ্জ জানানোর ক্ষেত্রে প্রমাণ হিসাবে একটি কার্যকরী পদ্ধতি হতে পারে। সেগুলি প্রচুর উপকরণ সহ কোনো বড়, দর্শনীয় পরীক্ষা না হলেও চলবে। কখনও কখনও দ্রুত, কম প্রাধান্যযুক্ত প্রদর্শন ও প্রয়োজনীয় ব্যবহারিক অভিজ্ঞতার যোগান দেয়। আপনি যাই করুন না কেন, যে গুরুত্বপূর্ণ তথ্যগুলি স্মরণে রাখতে হবে সেগুলি হলো:

- চিন্তাভাবনার বিকাশে সহযোগিতা করার জন্য তাদের ব্যবহারিক অভিজ্ঞতা রয়েছে। সুতরাং তাদের মনোযোগ আকর্ষণের জন্য আপনার কী কী প্রয়োজন সে বিষয়ে আপনার পরিস্কার ধারণা থাকা প্রয়োজন।
- আপনি সঠিকভাবে কী করতে চাইছেন সে বিষয়ে আপনাকে আগে থেকেই ব্যবহারিক অভিজ্ঞতা যাচাই করে নিতে হবে, নিশ্চিত হন আপনি যে বিষয়ে তাদের অভিজ্ঞ করে তুলতে চাইছেন সেই বিষয়ে শিক্ষার্থীরা সক্ষম হবে।

অ্যাক্টিভিটি 3: শক্তির বিষয়ে শেখা

এই অ্যাক্টিভিটির মাধ্যমে শিক্ষার্থীদের মনোযোগ আকর্ষন করার জন্য ব্যবহারিক অ্যাক্টিভিটির সঙ্গেই বিশেষ প্রশ্ন জিজ্ঞাসা করে আপনি শ্রেণি শিখন-শিক্ষন প্রক্রিয়ার অভ্যাসের উন্নতি করতে পারবেন। এই প্রদর্শনের উদ্দেশ্য হলো শক্তি 'ব্যবহার হয়ে যায় না', কেবল সেটি একটি থেকে অন্যটিতে রূপান্তরিত হয় এই বিষয়টির উপর জোর দেওয়া।

ভিজে বালি ভর্তি একটি ট্রে-তে ক্রমবর্ধমান উচ্চতা থেকে একটি বল ফেলুন। 25 সেমি উচ্চতা থেকে শুরু করুন এবং 50 সেমি, 1 মিটার এবং 1.5 মিটার উচ্চতা থেকেও নীচে ফেলুন। শিক্ষার্থীরা লক্ষ করবে যে, বলটিকে যত উপর থেকে ফেলা হল তত মাটিতে তার গর্ত করার ক্ষমতা বেড়ে যেতে লাগল।

আপনি হয়ত নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলি বা এই ধরনের কয়েকটি প্রশ্ন ব্যবহার করবেন। প্রশ্ন জিজ্ঞাসা করার বিষয়টি হলো শক্তি সম্পর্কে জানা। (প্রশ্নগুলি মোটা অক্ষরে এবং উত্তরগুলি সাধারণ অক্ষরে দেওয়া)

- **গভীর গর্ত বা অগভীর গর্ত করার জন্য কোন ক্ষেত্রে সবচেয়ে বেশি শক্তির প্রয়োজন? কেন?** শিক্ষার্থীরা বলবে যে, গভীর গর্ত এবং হয়ত এটাও বলতে পারে যে অগভীর গর্ত করার তুলনায় গভীর গর্ত করার জন্য আরো বেশি কার্য করতে হয়।
- **এই ক্ষেত্রে শক্তি কে দিয়েছিল?** বলটি। বলের শক্তি বালিতে স্থানান্তরিত হয়েছে।
- **তাহলে বলটি কি বালির উপরে কার্য করছে? ব্যাখ্যা কর।** হ্যাঁ, কারণ এটি বালিকে সরিয়ে দেবার কার্য করছে।
- **একটি ক্রমবর্ধমান উচ্চতা থেকে নীচে ফেলা বলের সরবরাহকৃত শক্তি সম্পর্কে গর্তের গভীরতা কী তথ্য দিচ্ছে?** বলটিকে যখন আরো বেশি উচ্চতা থেকে নীচে ফেলা হচ্ছে তখন সেটি বালিতে অধিকতর শক্তি সরবরাহ করছে।
- **বলটি যতবার মাটিতে আঘাত করেছে সেগুলির মধ্যে কোন ক্ষেত্রে শক্তি সবচেয়ে বেশি?** সেটি যেটি গভীরতম গর্ত তৈরি করছে।
- **মাটিতে ফেলার পূর্বে কোন ক্ষেত্রে বলটিতে সর্বোচ্চ শক্তি ছিল?** সেটি যেটি সর্বোচ্চ উচ্চতা থেকে নীচে ফেলা হয়েছিল।
- **তাহলে, যখন বলটি বালির উপর পড়েছিল তখন আপনি বলের শক্তির বিষয়ে কী বলতে পারেন?** শক্তি বালিতে স্থানান্তরিত হয়েছে। (সংযোগ তৈরি করবার জন্য এটি প্রধান বিষয়। কিছু শিক্ষার্থী হয়ত বলতে পারে যে, এটি 'শেষ হয়ে গিয়েছে'। যদি তারা তাই করে, তাহলে তাদের জিজ্ঞাসা করুন শক্তি কোথায় গিয়েছে।)

এখন আপনাকে শিক্ষার্থীদের কাছে সমস্ত বিষয়গুলি খন্ড খন্ড করে নয়, সামগ্রিকভাবে কী হয়েছে সেটি জানতে চাইতে হবে।

- **পুনরায় স্মরণ করবার জন্য, আমাকে বলো যে, যখন বলটিকে উপরে তোলা হলো, তারপর সেটিকে ফেলা হলে মাটিতে পড়ে গেল, তখন তার শক্তির কী হল: তুমি কি বলতে পারবে যে এর কী পরিমাণ শক্তি ছিল?** বলটিকে যত উপরে তোলা হচ্ছিল তা তত অধিকতর স্থিতিশক্তি লাভ করছিল। যখন বলটিকে ফেলা হলো, তখন তা দ্রুত পড়তে লাগলো – তাহলে আমরা বলতে পারি যে,বলটি পড়বার সময়ে গতিশক্তি বেশি ছিল, কিন্তু তাতে সামগ্রিকভাবে খুব বেশি শক্তি ছিল না (কারণ এর স্থিতিশক্তি কম)। যখন বলটি মাটিতে পড়ে গেল, আপনি উপরে তুলে যে শক্তি দান করেছিলেন এটি তার সমস্ত শক্তি হারিয়ে ফেলল। বলটি বালিতে পড়বার পূর্বে তার সমস্ত গতিশক্তি হারিয়ে ফেলল কেন না আমরা দেখলাম তা থেমে গেছে।

- **সেই সমস্ত শক্তি কোথায় গেল?** বলটি বালিতে সেই শক্তি স্থানান্তরিত করে দিয়েছে। অথবা, অন্যভাবে বলতে গেলে: এটি বালিতে কার্য করার জন্য রেখেছে।

শিক্ষার্থীর সংখ্যা বেশি হলে আপনি এই আলোচনাটি ছোট ছোট দল করে করতে পারেন, আর সেই সময়ে বাকিরা বইয়ের অন্য বিষয়ের উপর কাজ করবে। কী কী প্রশ্ন করবেন আগে থেকেই যত্ন করে তার পরিকল্পনা করে, আপনি আপনার এই আলোচনা পর্বটির উপযুক্ত ব্যবহার করতে পারেন। নিশ্চিতভাবে, আপনি যেমন আশা করছেন তেমনভাবে তারা উত্তর নাও দিতে পারে, কিন্তু আপনি যদি এই আলোচনার উদ্দেশ্যের বিষয়ে পরিস্কার থাকেন, সেক্ষেত্রে তারা যা যা বলবে তার প্রতিক্রিয়া জানানো আপনার পক্ষে সহজতর হবে।

শিক্ষার্থীরা কী কী চিন্তাভাবনা করছে সেগুলি জেনে নেওয়ার ভালো উপায় হল যত্ন করে প্রশ্ন করা। শ্রেণিকক্ষে প্রশ্ন জিজ্ঞাসা করার বিষয়ে আরো বেশি কিছু জানতে সম্পদ 4 দেখুন।

ভিডিও: চিন্তাশক্তি উন্নত করতে প্রশ্নের ব্যবহার

4 সারসংক্ষেপ

এই ইউনিটে আপনি শিক্ষার্থীদের ভ্রান্ত ধারণাগুলির মধ্যে কয়েকটির সম্পর্কে জানলেন এবং আপনার শিক্ষার্থীদের বোধ সম্পর্কে আরো ভালভাবে জানার কিছু কৌশল শিখলেন। আপনার শিক্ষার্থীদের বোধের উন্নতি ঘটানোর জন্য একটি কৌশল ব্যবহার করারও সুযোগ আপনি পাবেন।

সম্পদ 2-এ উল্লিখিত কোনো কৌশলের জন্য বিশেষ ধরনের ব্যবহারিক সম্পদের প্রয়োজন নেই বা তা শ্রেণিকক্ষে খুব বেশি সময়ও নেয় না। এই অংশ শেখাবার সময়ে বা আপনার শিক্ষার্থীরা যখন পুনরায় পাঠ করছে তখন কেন আপনি কনসেপ্ট কার্টুন বা কার্ড সর্টিং পদ্ধতি ব্যবহারের চেষ্টা করছেন না? যখন আপনি দ্রুততার সঙ্গে বোধ অনুধাবনের চেষ্টা করবেন তখন 'ট্রাফিক লাইট'-এর পদ্ধতিটিও কার্যকরী হবে।

সম্পদ 5 শক্তির বিষয়ে কিছু মন্তব্য প্রদান করে। এই মন্তব্যগুলি সঙ্গে উত্তর এবং উক্তি দেওয়া থাকে। কেস স্টাডি 1-এ যেভাবে প্রদর্শন দেওয়া হয়েছে সেই অনুযায়ী আপনার নিজস্ব বোধ খতিয়ে দেখার জন্য আপনি এই মন্তব্যগুলি ব্যবহার করতে পারেন, কিন্তু এই সম্পদ ব্যবহার করে আপনি আপনার শিক্ষার্থীদের সম্ভাব্য কোন কোন জায়গাগুলি বুঝতে অসুবিধা হয় সেগুলিও চিহ্নিত করতে সাহায্য পেতে পারেন।

যদিও এই ইউনিটটিতে শক্তি, কার্য এবং বলের উপর আলোকপাত করা হয়েছে, শিক্ষার্থীদের বিজ্ঞান বিষয়ক পাঠের অন্যান্য অংশগুলির জন্য বিকল্প মডেল এবং কাঠামোও এখানে পাবেন। অন্যান্য বিষয়ে ব্যবহার করার জন্য আপনি সম্পদ 3-এ উল্লেখিত পদ্ধতিগুলি গ্রহণ করতে পারেন। অন্যান্য শিক্ষকদের সঙ্গে একসঙ্গে কাজ করলে বা সম্পদ এবং অভিজ্ঞতা ভাগ করে নিলে কাজটি সহজতর হবে।

সম্পদসমূহ

সম্পদ 1: শক্তির বিষয়ে সাধারণ কয়েকটি ভ্রান্ত ধারণা

এই সম্পদ অ্যাক্টিভিটি 1-এর সঙ্গে ব্যবহার করতে হবে।

- শক্তি ব্যবহৃত হয়ে যেতে পারে।
- বস্তুগুলি যখন চলমান থাকে তখনই তাতে কেবল শক্তি থাকে।
- বস্তু ততক্ষণই চলমান থাকে যতক্ষণ না সমস্ত শক্তি 'নিঃশেষিত' হচ্ছে।
- শক্তি স্থানান্তরের সময়েও প্রায়শই শক্তি নষ্ট হতে পারে।
- শক্তি একটি বস্তু।
- শক্তি একটি জ্বালানী।
- বল আর শক্তি একই।
- বল আর কার্য একই।
- জৈবিক প্রক্রিয়ায় যেমন সালোকসংশ্লেষ বা শ্বসনে শক্তি উৎপন্ন হয়।
- কয়েকটি বস্তু/উপকরণ স্বাভাবিকভাবে অন্যদের থেকে বেশি উষ্ণ হয়।

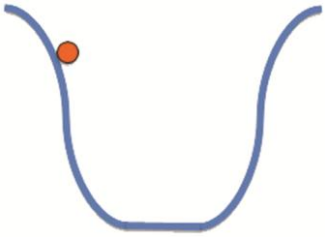
সম্পদ 2: শিক্ষার্থীদের কার্য এবং শক্তি বিষয়ক ধারণাগুলি জানার কয়েকটি পদ্ধতি

বহু প্রকার কৌশল আছে – যেমন প্রশ্ন জিজ্ঞাসা করা, দলবদ্ধ আলোচনা এবং পোস্টার প্রদর্শনী – যেগুলি ব্যবহার করে আপনি শিক্ষার্থীদের পূর্ববর্তী বোধ এবং তাদের ভ্রান্ত ধারণাগুলি বের করে আনতে পারেন।

নীচে মন্তব্য সহ অন্যান্য কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হলো। এই কৌশলগুলির যে কোন একটি ব্যবহার করার প্রধান কারণ হলো যাতে শিক্ষার্থীরা আপনার সঙ্গে এবং অন্যান্য শিক্ষার্থীদের সঙ্গে তাদের ভাবনা চিন্তা ভাগ করে নিতে উৎসাহিত হয়: একটি চিত্র অঙ্কণ করার বিষয়ে যে আলোচনা চলে তার তুলনায় একটি পরিস্কার পরিচ্ছন্ন সুন্দর রঙিন ডায়াগ্রাম অঙ্কণ করা বেশি গুরুত্বপূর্ণ।

অনুমান এবং ব্যাখ্যা

শিক্ষার্থীদের একটি সাধারণ দৃশ্যপট দেখান এবং তাদেরকে জিজ্ঞাসা করুন, যে এরপরে কী ঘটবে এবং কেন তারা তা ভাবছে সে কথা জিজ্ঞাসা করুন। উদাহরণ হিসাবে, একটি ইউ-আকৃতির পথে একটি বলের কথা বিবেচনা করুন (চিত্র R2.1)।



চিত্র R2.1 ইউ-আকৃতির একটি পথে একটি বল

অনুমান করতে বলুন বলটি ছাড়া হলে কী ঘটবে। উত্তর ব্যাখ্যা করতে বলুন।

মন্তব্য

অধিকাংশ শিক্ষার্থীরা ইউ-আকৃতির পথে বলটির কী ঘটবে সে বিষয়ে সঠিক পূর্বানুমান করতে পারবে, কিন্তু তাদের মধ্যে খুব অল্প কয়েকজন শক্তির সংরক্ষণ এবং স্থানান্তর সাপেক্ষে তাদের পূর্বানুমান সঠিকভাবে ব্যাখ্যা করতে পারবে।

বলটি ইউ-আকৃতির পথটিতে ঘুরতে থাকবে এবং যেখান থেকে ছাড়া হয়েছিল তার সমান উচ্চতা না হওয়া পর্যন্ত অন্যদিকটি উঁচুতে তুলে ধরতে হবে: বলটি যত উঁচু হবে তত এতে স্থিতিশক্তি থাকবে, সুতরাং সর্বোচ্চ সেই বিন্দুতে এটি চড়তে পারবে, যে স্থিতিশক্তি নিয়ে এটি আরম্ভ করেছিল। বলটি পড়বার সময়ে তার স্থিতিশক্তি হারিয়ে ফেলতে থাকে কিন্তু গতিশক্তি সঞ্চয় করতে থাকে, সুতরাং এটি দ্রুততম গতিতে (অর্থাৎ সর্বোচ্চ গতি শক্তি ব্যবহার করে) বাঁকটির দিকে ধাবিত হবে যেখানে এটির স্থিতিশক্তি সর্বনিম্ন।

বলটি ইউ-আকৃতির পথ ধরে অনির্দিষ্ট সময়কাল ধরে ক্রমাগত ওঠানামা করতে থাকবে এবং প্রতিবারই প্রায় সমান উচ্চতায় ওঠার চেষ্টা করবে, যদি তার চারপাশে বাতাসের প্রতিবন্ধকতা বা পথের সঙ্গে ঘর্ষণের দরুণ কোনো শক্তি স্থানান্তরিত না হয়ে থাকে। যদি শক্তি চারপাশের বস্তুসমূহে স্থানান্তরিত হয়ে যায়, তাহলে প্রতিবার যখনই বলটি পথটি ধরে উপরে উঠে আসবে তখন বলটি পূর্বের তুলনায় কিছুটা কম উচ্চতায় উঠে আসবে। এর সর্বোচ্চ স্থিতিশক্তি প্রতিবারই কম হতে থাকবে এবং বাঁকটির একদম নীচের দিকে বলটি ক্রমশ থেমে যেতে থাকবে।

পূর্বানুমান এবং ব্যাখ্যা বিষয়ে জানতে চাওয়া গুরুত্বপূর্ণ। একটি অপরিচিত পরিস্থিতিতে, পূর্বানুমান করার জন্য শিক্ষার্থীদের একটি বিজ্ঞানবিষয়ক বোধ আহরণ করতে হবে। কিন্তু আপনি যদি এমন একটি পরিস্থিতি গড়ে তোলেন যার সঙ্গে তাদের ইতিপূর্বে পরিচিতি আছে, সেক্ষেত্রে বোধ ব্যতিরেকে স্মৃতিশক্তির উপর ভরসা করে তারা সঠিক পূর্বানুমান করতে পারবে। একটি ব্যাখ্যা এবং পূর্বানুমান জানতে না চাইলে আপনার শিক্ষার্থীরা বিজ্ঞান বিষয়ে কোনো বোধ আহরণ করতে পারলো কিনা আপনি পরিস্কারভাবে বুঝতে পারবেন না।

কার্ড বাছাই('সত্যি/মিথ্যা/নিশ্চিত নই' কার্ড বাছাই)

একটি বিষয়ের জন্য এক গুচ্ছ কার্ড তৈরি করুন। প্রতিটি কার্ডে একটি করে সংক্ষিপ্ত মন্তব্য লিখুন যেমন 'একটি লিভার ব্যবহার করলে শক্তি সঞ্চিত হয়'। শিক্ষার্থীরা অবশ্যই সিদ্ধান্ত নেবে যে, প্রতিটি মন্তব্য সত্যি না মিথ্যা, না এ বিষয়ে তারা নিশ্চিত নয়। তারা প্রতিটি বিভাগের জন্য আলাদা আলাদা শ্রেণি করে কার্ডগুলি আলাদা করবে। আপনি যে কার্ডগুলির গুচ্ছটি দিয়েছেন সেগুলির মধ্যে থেকে জোড়ায় জোড়ায় বা একই বিষয়ক কার্ডগুলিকে অন্তর্ভুক্ত করা কার্যকরী, এটি আপনাকে জানাতে সাহায্য করবে যে আপনার ভ্রান্ত ধারণা কোথায় থাকতে পারে। উদাহরণস্বরূপ:

- 'লিভার ব্যবহার করে কোনো একটি ভারী জিনিসকে উপরে তোলা সহজতর কেননা এটি শক্তি সঞ্চয় করে।'
- 'লিভার ব্যবহার করে কোনো একটি ভারী জিনিসকে উপরে তোলা সহজতর কেননা এটি আপনাকে কম বল ব্যবহার করায়।'

মন্তব্য

কার্ড বাছাই থেকে আপনি দ্রুত দেখে নিতে পারবেন যে, আপনি যখন সমগ্র শ্রেণিকক্ষে পায়চারি করছেন তখন আপনার শিক্ষার্থীদের এবিষয়ে ভাবনা চিন্তা কী। যেহেতু কোনো স্থায়ী পছন্দের রেকর্ড থাকছে না তাই এটি একটি 'কম ভয়ের' অ্যাক্টিভিটিও হবে।

'ট্রাফিক লাইট'

ট্রাফিক লাইট খেলাটি সত্যি/মিথ্যা/নিশ্চিত নই কার্ড বাছাইয়ের মতোই। এই অ্যাক্টিভিটিও এক ধরনের মন্তব্য ব্যবহার করে এবং শিক্ষার্থীরা তখন সিদ্ধান্ত নিতে পারে যে মন্তব্যগুলির সঙ্গে তারা একমত হবে না সেগুলির সঙ্গে তারা অরাজি হবে বা তারা এই বিষয়ে যথেষ্ট নিশ্চিত নয়। টেবিলের বিভিন্ন অংশে এই মন্তব্যগুলি তিনটি অংশে ব্যবহারিকভাবে ভাগ করার পরিবর্তে, আপনি প্রতিটি মন্তব্য পড়ার সঙ্গে সঙ্গে শিক্ষার্থীরা উত্তর দেবে বা একটি করে 'উত্তর কার্ড' হাতে করে উপরে তুলে তাদের দেখান। 'ট্রাফিক লাইটগুলি' হলো তিনটি ভিন্ন ভিন্ন ধরনের কার্ড যেগুলি তারা উপরে তুলে ধরতে পারে:

- সবুজ(সত্যি/একমত)
- লাল(মিথ্যা/অরাজি)
- হলুদ(নিশ্চিত নই)

আপনি দলগুলির জন্য প্রতিটি মন্তব্য ব্ল্যাকবোর্ডে লিখে রাখতে পারেন যেগুলি নিয়ে তারা আপনার সামনে আলোচনা করবে এবং তারপরে তাদেরকে ভোট দিতে বলতে পারেন।

মন্তব্য

'ট্রাফিক লাইট' আপনাকে চট করে দেখিয়ে দিতে পারে যে, আপনার শিক্ষার্থীদের ভাবনা কী এবং এমন কোনো ভাবনা আছে কি না যেগুলি নিয়ে অধিকাংশ জনের বা কয়েকজনের বিভ্রান্তি আছে। এটিও একটি 'প্রায় ভয়হীন' অ্যাক্টিভিটি, কেননা এতে কোনো স্থায়ী পছন্দের রেকর্ড নেই।

কনসেপ্ট কার্টুন

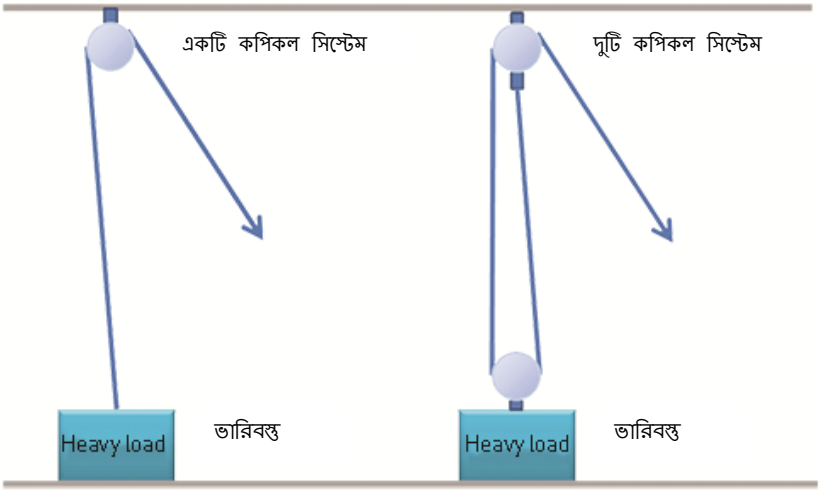
কনসেপ্ট কার্টুনের দুটি উদাহরণ এখানে দেখানো হলো। আপনি চিত্র R2.2 দেখাতে পারেন এবং জিজ্ঞাসা করতে পারেন 'তারা কী ভাবছেন?'

চিত্র R2.2 কনসেপ্ট কার্টুনের একটি উদাহরণ

আপনি চিত্র R2.3 শ্রেণিকক্ষে প্রদর্শন করতে পারেন এবং নিম্নলিখিত মন্তব্যগুলি পড়ে শোনাতে পারেন:

- মন্তব্য ক: 'একটি কপিকলের তুলনায় দুটি কপিকলের সিস্টেম ব্যবহার করে কোনো ভার উপরে তোলা সহজতর। কপিকলগুলি আপনার শক্তি সংরক্ষিত করে!'
- মন্তব্য খ: 'দুটিকপিকল ব্যবহার করার পদ্ধতি আপনাকে কোনো ভার উপরে তোলার সময়ে স্বল্প বল ব্যবহার করায়, কিন্তু এটি শক্তি সঞ্চয় করে না।'

এরপর আপনার শিক্ষার্থীদের জিজ্ঞাসা করুন যে, তারা কি ভাবছে।



চিত্র R2.3 কনসেপ্ট কার্টুনের একটি উদাহরণ

মন্তব্য

এটি শ্রেণিকক্ষে আলাদা আলাদাভাবে সকলের জন্য, দলের জন্য বা ব্যক্তিগত অ্যাক্টিভিটি হিসাবে একটি বাড়িতে করার কাজ হতে পারে। মন্তব্যগুলি আপনার শিক্ষার্থীদের নিজস্ব ব্যাখ্যা বা প্রদর্শন হওয়া উচিত। তারা যেন সংক্ষেপে উত্তরগুলি দেয় এবং পাঠ্যবই বা ইন্টারনেট থেকে 'ধার করা' কোনো তথ্য ব্যবহার না করে।

সম্পদ 3: বিভিন্ন অ্যাক্টিভিটিগুলিতে হওয়া কার্যটি চিহ্নিত করতে পারা

কার্য এবং শক্তির বিষয়ে বিভিন্ন প্রশ্নগুলির উত্তর দেওয়ার জন্য যে মানস মডেল শিক্ষার্থীদের প্রয়োজন তা হলো, কার্য করার মানে একটি দূরত্ব পর্যন্ত কোনো একটি বল বহন করে নিয়ে যাওয়া। যদি কোনো কিছু উপরে তোলা হয়, তখন বল হলো ট্রাফিক লাইট সেই বস্তুটির ওজন, দূরত্ব হলো বস্তুটিকে যতটা উপরে তোলা হল এবং কার্য হলো সেই বস্তুটির উপরে যা করা হলো।

যদি কোনো কিছুকে ঠেলা হয় বা টানা হয় এবং সেটিকে উপরে তোলা না হয় সেক্ষেত্রে বল হবে ঘর্ষণ এবং দূরত্ব হবে যতদূর পর্যন্ত বলটি কার্য করল সেই দুরত্ব। শিক্ষার্থীরা কয়েকটি এমন পরিস্থিতি বেছে নেবে যেগুলি বেশ জটিল। উদাহরণস্বরূপ, আপনি যদি একটি সমান রাস্তা দিয়ে হেঁটে যেতে থাকেন, সেক্ষেত্রে এটা পরিস্কার যে আপনি কাজ করছেন কিন্তু আপনার ওজন কখনই 'বল' নয়।

টেবিল R3.1-এ অ্যাক্টিভিটি 2-এর জন্য কয়েকটি অ্যাক্টিভিটির সুপারিশ করা হয়েছে।

টেবিল R3.1 *অ্যাক্টিভিটি 2-এর জন্য সুপারিশ করা কার্যকলাপ*

অ্যাক্টিভিটি	**মন্তব্য**
চা করার জন্য কেটলি উপরে তোলা।	কেটলির উপরে যা কার্য করা হলো এক্ষেত্রে বল হলো কেটলির ওজন এবং দূরত্ব হলো যে উচ্চতা পর্যন্ত এটিকে উপরে তোলা হলো
বিদ্যালয়ে হেঁটে যাওয়া	প্রকৃতপক্ষে, যদি বিদ্যালয়ের হাঁটার পথটি সমতল হয়, সেক্ষেত্রে কোনো কার্য করা হচ্ছে না: বল (শিক্ষার্থীর ওজন) সরল না। অবশ্য, বিদ্যালয়ে হেঁটে যাওয়ার ফলে আপনি ক্লান্ত হবেন। কার্য 'বস্তুটির ভরকেন্দ্রে' সম্পন্ন করা হচ্ছে না একইভাবে কেটলিকে উপরে তোলার ফলে কার্য কেটলির উপর করা হচ্ছে। এই ক্ষেত্রে, কার্যটি করা হচ্ছে বিভিন্ন ছোট ছোট অংশে – পা উপরে তোলা, ঘর্ষণের বিরুদ্ধে কার্য করা ইত্যাদি
সাইকেল চালিয়ে বিদ্যালয়ে যাওয়া	পুনরায়, যদি বিদ্যালয়ে যাওয়ার সাইকেল চালানোর পথটি সমতল হয় সেক্ষেত্রে শিক্ষার্থীর 'ভরকেন্দ্রে'-র কার্য করা হলো না। কিন্তু কার্যটি করা হলো প্যাডেলে চাপ দেওয়ার জন্য
বই ভর্তি ব্যাগ ডেস্কের উপরে তোলা	কার্যটি বইয়ের ব্যাগে করা হলো। বল হলো ব্যাগের ওজন এবং স্থান পরিবর্তন হলো ব্যাগটি যতটা উঁচুতে তোলা হলো
কোনো খাতায় কিছু লেখা	এক্ষেত্রে বল হলো ঘর্ষণকে অতিক্রম করতে পারা। স্থান পরিবর্তন হলো যে দূরত্ব পর্যন্ত সেই বল প্রয়োগ করা হলো
একটি ফুটবলে লাথি মারা	যদি বলটিকে লাথি মেরে উপরের দিকে পাঠানো হয়, সেক্ষেত্রে বল হলো ফুটবলটির ওজন এবং যে উচ্চতা পর্যন্ত এটি যাচ্ছে সেটি হলো এর স্থান পরিবর্তন
বাস ধরবার জন্য দৌড়ানো	প্রকৃতপক্ষে,, আপনি যখন সমতল জমিতে দৌড়াতে থাকবেন, সেক্ষেত্রে বস্তুটির ভরকেন্দ্রে (শিক্ষার্থী) কোনো কার্য করা হচ্ছে না। কিন্তু দৌড়ানোর সময়ে পা উপরের দিকে তুলতে হয়। হাঁটার তুলনায় দৌড়ানোয় অনেক বেশি 'কার্য' করতে হয় কেননা পাগুলিকে অনেক বেশি উঁচুতে তুলতে হয়। এই সময়ে কোনো একটি সিনেমার দৌড়ানোর একটি দৃশ্য ধীর গতিতে দেখানো যেতে পারে যে কীভবে মাটি থেকে পা উপরে তোলা হয়। পাহাড়ের উপরের দিকে হেঁটে বা দৌড়ে ওঠা, যিনি হাঁটছেন বা দৌড়াচ্ছেন তার ভরকেন্দ্রে কার্য করাকে অন্তর্ভুক্ত করে

উপরের সারণিতে দেওয়া হল: যেসব কার্যকলাপে কোনো বল প্রয়োগ করা হয় কিন্তু তাতে কোনো স্থান পরিবর্তন হয় না যেমন, কোনো একটি খুঁটি ধরে ঝুলতে থাকা বা একটি বিশালাকার পাথর সরাতে থাকা। প্রকৃতপক্ষে বলা যায়, শিক্ষার্থীদের যে মানস মডেল ব্যবহার করতে উৎসাহ দেওয়া হচ্ছে সেই অনুসারে, এই ক্ষেত্রগুলিতে কোনো কার্য করা হচ্ছে না। কিন্তু আপনি যদি কোনো একটি

বিশালাকার বস্তু ঠেলতে থাকেন তাহলে আপনি ক্লান্ত হয়ে পড়বেন। কোনো ছোট পরিসরে 'কার্য' হলো – আপনার পেশী ও হাড়গুলির নড়াচড়া করা।

কোনো সুস্পষ্ট বল প্রয়োগ না করে কোনো বস্তু নড়াচড়া করানোর মধ্যে রয়েছে, কোনো একটি বলের বাতাসের মধ্যে চলাচল করা বা মহাকাশে কোনো মহাকাশযানের যাত্রা। যদি কোনো বল প্রয়োগ না করা হয়ে থাকে তাহলে কোনো কার্য করা হয় না। বাতাসের মধ্যে দিয়ে বল ভেসে বেড়ানোতে বল প্রয়োগ করা হচ্ছে: বাতাসের প্রতিবন্ধকতা এবং মধ্যাকর্ষ বল। বলটির গতি ধীরে ধীরে কমে যাবে এবং তা থেমে যাবে, সুতরাং বলটির উপর কোনো কার্য করা হলো। মহাকাশযানের ক্ষেত্রে বাতাসের কোনো বাধা দান নেই বা মহাকর্ষ বল নেই সুতরাং যতক্ষণ না এর উপরে একটি বলপ্রয়োগ করা হচ্ছে ততক্ষণ এটি একটি সরলরেখা ধরে চলমান থাকবে।

সম্পদ 4: চিন্তাশক্তি উন্নত করতে প্রশ্নের ব্যবহার

শিক্ষকরা সবসময়ই তাঁদের শিক্ষার্থীদেরকে প্রশ্ন করেন; প্রশ্ন করা মানে হল শিক্ষকরা তাঁদের শিক্ষার্থীদেরকে শিখতে এবং আরো বেশি শিখতে সাহায্য করতে পারেন। গড়পড়তাভাবে, একজন শিক্ষক একটি পড়ানোর এক-তৃতীয়াংশ সময় তাঁদের শিক্ষার্থীদের প্রশ্ন করাতে ব্যয় করেন (হেস্টিংস, 2003)। করা প্রশ্নগুলির, 60 শতাংশ স্মরণ করানো তথ্য এবং 20 শতাংশ হল পদ্ধতিগত (হেটি, 2012), বেশির ভাগ উত্তরই ঠিক বা ভুল সংক্রান্ত। কিন্তু শুধুমাত্র ভুল বা ঠিক হতে পারে এমন প্রশ্ন জিজ্ঞাসা করা কি শেখায় উন্নতি ঘটাতে পারে?

শিক্ষার্থীদেরকে জিজ্ঞেস করার মতো বহু ধরনের প্রশ্ন রয়েছে। শিক্ষক যে উত্তর এবং ফলাফল চান তা প্রশ্নের প্রকৃতি নির্দেশ করে যা শিক্ষকের সদ্ব্যবহার করা উচিত। শিক্ষকরা সাধারণত এই উদ্দেশ্যে শিক্ষার্থীদেরকে প্রশ্ন জিজ্ঞাসা করেন:

- নতুন বিষয় বা উপকরণের সাথে পরিচয় করাতে শিক্ষার্থীদের বোধকে সেই দিকে পরিচালিত করতে
- শিক্ষার্থীদেরকে তাদের চিন্তা বৃহত্তরভাবে ভাগ করে নেওয়ার জন্য চেষ্টা করাতে
- ভুল সংশোধন করতে
- শিক্ষার্থীদেরকে মানসিকভাবে বিস্তৃত করতে
- বোধগম্যতা পরীক্ষা করতে।

শিক্ষার্থীরা কি জানে তা খুঁজে দেখতে সাধারণত প্রশ্নের ব্যবহার হয়, কাজেই তাদের অগ্রগতির মূল্যায়ন করতে এটি গুরুত্বপূর্ণ। শিক্ষার্থীদেরকে অনুপ্রাণিত করতে, তাদের চিন্তার দক্ষতা বিস্তৃত করতে এবং উৎসুক মানসিকার বিকাশ ঘটাতেও প্রশ্নগুলি ব্যবহার করা যেতে পারে। এদের দুটি বড় শ্রেণিতে বিভক্ত করা যেতে পারে:

- **নিম্নতর-ক্রমের প্রশ্নাবলী**, যার মধ্যে তথ্যের স্মরণ করানো এবং আগে শেখানো জ্ঞান জড়িত থাকে, প্রায়শই আবদ্ধ প্রশ্ন থাকে যার উত্তর হ্যাঁ বা না দিয়ে হয়।
- **উচ্চতর-ক্রমের প্রশ্নাবলী**, যাতে আরো বেশি ভাবনাচিন্তার দরকার হয়। যুক্তিসম্মত উপায়ে কোন মতের সমর্থন করতে বা শিক্ষার্থীদেরকে আগে শেখা তথ্য একত্রিত করে উত্তর গঠন করতে বলতে পারেন। উচ্চতর-ক্রমের প্রশ্নগুলি প্রায়শই উন্মুক্ত হয়ে থাকে।

উন্মুক্ত (Open ended) প্রশ্নগুলি শিক্ষার্থীদেরকে পাঠ্যবই-নির্ভর উত্তরের বাইরে গিয়ে ভাবতে উৎসাহিত করে, এবং এভাবেই উত্তরের ব্যাপ্তি বের করে আনে। উন্মুক্ত প্রশ্নগুলি শিক্ষার্থীদের বিষয়বস্তুর বোধগমত্যা মূল্যায়ন করতেও শিক্ষকদেরকে সাহায্য করে।

শিক্ষার্থীদেরকে উত্তর দিতে উৎসাহিত করা

বহু শিক্ষকই কোন প্রশ্নের উত্তর প্রয়োজন হওয়ার আগে এক সেকেন্ডেরও কম সময় দেন এবং এই কারণে তাঁরা নিজেরাই প্রশ্নটির উত্তর দিয়ে দেন বা প্রশ্নটি পুনর্গঠন করেন (হেস্টিংস, 2003)। শিক্ষার্থীদের কাছে কেবলমাত্র প্রতিক্রিয়া দেওয়ার সময় থাকে- তাদের কাছে ভাববার সময় থাকে না! যদি আপনি উত্তরে জন্য কয়েক সেকেন্ড অপেক্ষা করেন তাহলে শিক্ষার্থীরা চিন্তা করার সময় পাবে। এটি শিক্ষার্থীদের কৃতিত্বের উপর একটি ইতিবাচক প্রভাব ফেলে। একটি প্রশ্ন করার পরে অপেক্ষা করার দ্বারা, নিচের বিষয়গুলো বৃদ্ধি পায়:

- শিক্ষার্থীদের উত্তরের দৈর্ঘ্য
- উত্তরদাতা শিক্ষার্থীদের সংখ্যা
- শিক্ষার্থীদের প্রশ্নের হার

- কম সমর্থ শিক্ষার্থীদের কাছ থেকে উত্তরের সংখ্যা
- শিক্ষার্থীদের মধ্যে ইতিবাচক পারস্পরিক আদানপ্রদান

আপনার উত্তর গুরুত্বপূর্ণ

যত ইতিবাচকভাবে আপনি প্রদত্ত সকল উত্তরগুলি গ্রহণ করবেন, তত বেশি শিক্ষার্থীরা চিন্তা করা এবং চেষ্টা করা বজায় রাখবে। ভুল উত্তর ও ধারণাগুলির সংশোধন নিশ্চিত করার বহু উপায় আছে। একজন শিক্ষার্থীর ভুল ধারণা অন্য অনেকের মধ্যেই আছে সে সম্পর্কে আপনি নিশ্চিত হতে পারেন। আপনি নিম্নলিখিত বিষয়গুলো চেষ্টা করে দেখতে পারেন:

- উত্তরের সেই অংশগুলি বেছে নিন যেগুলি সঠিক এবং সহায়তাপূর্বক উপায়ে উত্তরগুলি নিয়ে শিক্ষার্থীদেরকে আরেকটু ভাবতে বলুন। এটি আরো সক্রিয় অংশগ্রহণে উত্সাহিত করবে এবং আপনার শিক্ষার্থীদেরকে তাদের ভুল থেকে শিখতে সাহায্য করবে। কীভাবে আপনি সহায়তাপূর্বক উপায়ে কোন ভুল উত্তরে সাড়া দিতে পারেন তা নিম্নলিখিত মন্তব্যগুলির মাধ্যমে দেখানো হলো: 'বাষ্পীভবন যে মেঘ তৈরী করে সে ব্যাপারে তুমি ঠিকই ছিলে, কিন্তু আমার মনে হয় তুমি বৃষ্টি সম্পর্কে যা বলেছো সেটা আমাদের আরেকটু বেশি ভেবে দেখা উচিত। অন্য কেউ কি কোন ধারণা দিতে পারো?'
- শিক্ষার্থীদের দেওয়া সব উত্তরগুলি ব্ল্যাকবোর্ডে লিখুন এবং তারপর শিক্ষার্থীদেরকে সেগুলির সবকটি নিয়ে ভাবতে বলুন। কোন উত্তরগুলি ঠিক বলে তাদের মনে হয়? কোন ধারণা থেকে অন্য উত্তরগুলি দেওয়া হয়েছিল বলে মনে করা যেতে পারে? এটি শিক্ষার্থীরা যে ভাবনা চিন্তা করছে তা বোঝার জন্য আপনাকে একটি সুযোগ প্রদান করে এবং শিক্ষার্থীদেরকে তাদের মধ্যে থাকতে পারে এমন যে কোন ভুল ধারণা ভীতিহীনভাবে সংশোধনের উপায় প্রদান করে।

সতর্কভাবে শোনা এবং শিক্ষার্থীদেরকে আরও ব্যাখ্যা করতে বলার দ্বারা সব উত্তরগুলিকে মর্যাদা দিন। যদি আপনি ঠিক ভুল নির্বিশেষে সব উত্তরগুলির জন্য আবার ব্যাখ্যা চান, তাহলে শিক্ষার্থীরা প্রায়শই কোন ভুল নিজেরাই ঠিক করে নেবে, আপনি একটি চিন্তাশীল শ্রেণিকক্ষ তৈরি করবেন এবং আপনার শিক্ষার্থীরা কি শিখেছে এবং কীভাবে এগোতে হবে তা আপনি সত্যিই জানবেন। যদি ভুল উত্তর অপমান বা শাস্তিতে পর্যবসিত হয় তাহলে আপনার শিক্ষার্থীরা আবার বিব্রত হওয়া বা উপহাসের ভয়ে চেষ্টা করা বন্ধ করে দেবে।

উত্তরগুলির গুণগত মান উন্নত করা

এটি গুরুত্বপূর্ণ যে আপনি সঠিক উত্তরে শেষ হয় না এমন একটি প্রশ্নের ক্রম অবলম্বনের চেষ্টা করবেন। অনুসরণকারী প্রশ্ন দিয়ে সঠিক উত্তরগুলি পুরস্কৃত হওয়া উচিত, যেগুলি জ্ঞানের বিস্তার ঘটায় এবং শিক্ষার্থীদেরকে শিক্ষকদের সাথে জড়িত হওয়ার সুযোগ প্রদান করে। আপনি এগুলি জিজ্ঞাসা করার দ্বারা এটি করতে পারেন:

- কীভাবে বা কেন
- উত্তর দেওয়ার অন্য উপায়
- আরো ভালো একটি শব্দ
- এটি উত্তর তা প্রতিপন্ন করার প্রমাণ
- একটি প্রাসঙ্গিক দক্ষতার সংযোজন ঘটানো
- একটি নতুন গঠন বিন্যাসে একই দক্ষতা বা যুক্তির প্রয়োগ করা।

আপনার ভূমিকার আরেকটি গুরুত্বপূর্ণ অংশ শিক্ষার্থীদেরকে তাদের উত্তর সম্পর্কে আরো গভীরভাবে চিন্তা করতে সাহায্য করা (এবং এভাবেই তাদের উত্তরের মান উন্নত করা)। নিম্নলিখিত দক্ষতাগুলি শিক্ষার্থীদেরকে আরো বেশি কৃতিত্ব অর্জন করতে সাহায্য করবে:

- **প্ররোচিত** করার জন্য যথাযথ ইঙ্গিত দেওয়া দরকার- যেগুলি শিক্ষার্থীদেরকে তাদের উত্তর উন্নত করতে এবং আরো ভালো করতে সাহায্য করে। প্রথমে আপনি হয়তো বলবার জন্য উত্তরটিতে কি কি সঠিক তা বেছে নিতে পারেন এবং তারপর তথ্য, আরো প্রশ্ন বা অন্যান্য ইঙ্গিত প্রদান করতে পারেন। ('যদি তোমরা তোমাদের কাগজের উড়োজাহাজের শেষে একটি ভার যোগ করো তাহলে কি ঘটতে পারে?')
- **অনুসন্ধান করা** হল আরো বেশি খুঁজে বার করার চেষ্টা, একটি অগোছালো উত্তর বা আংশিক সঠিক উত্তর উন্নত করতে তারা কি বলতে চাইছে তা ব্যাখ্যা করে দেওয়ার দ্বারা শিক্ষার্থীদেরকে সাহায্য করা। ('তাহলে এটা কীভাবে একসঙ্গে খাপ খায় সে সম্পর্কে তুমি আমাকে আর কি বলতে পারো?')

- **পুনরায় দৃষ্টিনিবদ্ধকরণ** হল শিক্ষার্থীদের জ্ঞানের সাথে তাদের আগে শেখা জ্ঞানের সংযোগ সাধন করতে সঠিক উত্তর তৈরী করা। এটি তাদের বোঝাপড়া বৃদ্ধি করে। ('তুমি যা বলেছ তা সঠিক, কিন্তু গত সপ্তাহে আমাদের স্থানীয় পরিবেশের বিষয়ে আমরা যা দেখেছি তার সাথে এটি কীভাবে সম্পর্কযুক্ত?')
- **ক্রমানুসারে** প্রশ্নগুলিকে সাজানো মানে হল চিন্তার সম্প্রসারণ ঘটাতে এক পরিকল্পিত ক্রমে প্রশ্নগুলি জিজ্ঞাসা করা। প্রশ্নগুলির মাধ্যমে শিক্ষার্থীদেরকে সারসংগ্রহ করা, তুলনা করা, ব্যাখ্যা বা বিশ্লেষণ করার দিকে চালিত করা উচিত। এমন প্রশ্ন প্রস্তুত করুন যা শিক্ষার্থীদের মানসিক বিস্তার ঘটাবে, কিন্তু তাদেরকে এতটাও সমস্যাবহুল অবস্থায় ফেলবে না যাতে তারা প্রশ্নের মানেই হারিয়ে ফেলে। ('কীভাবে তুমি তোমার আগের সমস্যা অতিক্রম করেছো তা ব্যাখ্যা করো। সেটা কী পার্থক্য তৈরি করেছিল? এর পরে আপনার কি মোকাবিলা করা প্রয়োজন বলে আপনার মনে হয়?')
- **মন দিয়ে শোনা** আপনাকে শুধু আপনার প্রত্যাশিত উত্তর খুঁজতেই সমর্থ করে না, বরং আপনাকে লক্ষ্যণীয় বা উদ্ভাবনমূলক উত্তরের প্রতিও সজাগ করে তোলে যা হয়তো আপনি প্রত্যাশাই করেননি। এছাড়াও এটি দেখায় যে আপনি শিক্ষার্থীদের চিন্তাভাবনার মর্যাদা দিচ্ছেন এবং সে কারণেই তাদের চিন্তাশীল উত্তর দেওয়া আরো বেশি সম্ভবপর হয়। এরকম উত্তরগুলি ভুল ধারণাকে দৃষ্টিগোচর করতে পারে, যা হয়তো সংশোধন করা প্রয়োজন, বা তারা হয়তো একটি নতুন আঙ্গিক দেখাতে পারে, যা আপনি বিবেচনা করে দেখেননি। ('আমি সেটা ভেবেই দেখিনি। তুমি এরকম কেন ভাবলে সেটা নিয়ে আমাকে আরো একটু বলো।')

একজন শিক্ষক হিসাবে, যদি আপনি আপনার শিক্ষার্থীদের কাছ থেকে আকর্ষণীয় এবং উদ্ভাবনী উত্তর পেতে চান, তাহলে আপনার এমন প্রশ্ন জিজ্ঞাসা করা প্রয়োজন যা উদ্বুদ্ধকারী এবং সমস্যাবহুল। তাদেরকে ভাবতে সময় দেওয়া উচিত এবং আপনি দেখে অবাক হবেন, আপনার শিক্ষার্থীরা কতটা জানে এবং কতটা ভালোভাবে আপনি তাদেরকে তাদের শেখায় অগ্রগতি ঘটাতে সাহায্য করতে পারছেন।

মনে রাখবেন, প্রশ্ন করার মানে হলো শিক্ষক কি জানেন তা দেখা নয়, বরং শিক্ষার্থীরা কি জানে তা দেখা। এটা মনে রাখা গুরুত্বপূর্ণ যে আপনার কখনোই নিজের করা প্রশ্নগুলির উত্তর দেওয়া উচিত নয়! যাই হোক না কেন, যদি শিক্ষার্থীরা জেনে যায় যে আপনি তাদেরকে কয়েক সেকেন্ড নীরবতার পরে উত্তর দিয়ে দেবেন, তাহলে উত্তরগুলিতে তাদের উৎসাহ আর কোথায় রইল?

সম্পদ 5: শক্তি সম্পর্কে বোধ গঠন করা

শক্তির ধারণার ব্যাখ্যায় কিছু সমস্যা আছে। আমরা প্রায়শই এটিকে কোনো এক প্রকারের ব্যবহারিক বস্তু বলে মনে করি, কিন্তু রিচার্ড ফিনম্যান, যিনি পদার্থবিদ্যায় নোবেল পুরস্কার পেয়েছিলেন, তিনি শক্তি বিষয়ে মনে করেন (ফিনম্যান এবং অন্যান্য, 1964):

> এটা ঘটনা যে, আজ পর্যন্ত জানা সমস্ত প্রাকৃতিক ঘটনাগুলি একটি নিয়মের দ্বারা নিয়ন্ত্রিত। এই নিয়মের কোনো ব্যতিক্রম নেই – এখনও পর্যন্ত এটাই জানা গেছে। এই নিয়মকে বলে শক্তির নিত্যতা সূত্র। এটিতে বলা হয়েছে যে, একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তি সেটি প্রকৃতির পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে কোনোভাবেই পরিবর্তিত হয় না। এটি একটি অত্যন্ত বিমূর্ত ধারণা, কারণ এটি গণিতের একটি সূত্র, এতে বলা হয়েছে যে এটি একটি সংখ্যাগত পরিমাণ যার কোনো কিছু ঘটলেও কোন পরিবর্তন হয় না। যা কোনো যান্ত্রিক কৌশল বা কোনো নির্দিষ্ট ধারনা নয়, এটি কেবলমাত্র একটি অদ্ভুত ঘটনা যে আমরা কয়েকটি সংখ্যা গণনা করতে পারি এবং আমরা যখন প্রকৃতির কলাকৌশলের মধ্যে দিয়ে তাকে দেখা সমাপ্ত করি এবং আবার সংখ্যাগুলি গণনা করি, তখন দেখি সেগুলি একই আছে।

এখানে শক্তি বিষয়ে কয়েকটি সাধারণ ধারণার উল্লেখ আছে। আপনি এই ধারণাগুলিতে কীভাবে সাড়া দেবেন?

1. খাবারে শক্তি আছে। আমরা যখন খাবার খাই, শক্তি আমাদের শরীরে সঞ্চিত হয় যাতে সেগুলির দ্বারা কার্য করা যায়।
2. শক্তি বিভিন্ন প্রকারে আসতে পারে। এগুলির মধ্যে কয়েকটি হলো শব্দ, আলো, রাসায়নিক এবং গতি।
3. আপনি যখন গাড়ি চালান, পেট্রোলের মধ্যে থাকা সমস্ত শক্তি নিঃশেষিত হয় যে কারণে আপনাকে গাড়িতে পেট্রোল ভরতে হয়।
4. শক্তি বিভিন্ন উপায়ে সঞ্চিত হয়, যেমন ব্যাটারিতে রাসায়নিক শক্তি হিসাবে, বা কোনো একটি বস্তুতে মহাকর্ষ বা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের একটি নির্দিষ্ট অবস্থানে থাকে।
5. শক্তি তড়িৎ, শব্দ বা আলোকশক্তির মতো যান্ত্রিকতার মাধ্যমে এক স্থান থেকে অপর স্থানে স্থানান্তরিত হতে পারে।
6. শক্তি ব্যবহারিক নয়। আমাদেরকে মনে রাখতে হবে যে, এটি একটি গাণিতিক ভাবনা যা আমাদের চারপাশে থাকা বিশ্বকে বুঝতে সাহায্য করে।

আপনি কোনটিকে ভৌতবিজ্ঞানের দৃষ্টিতে সবথেকে নিখুঁত মন্তব্য বলে মনে করেন?

উত্তরসমূহ

1. শক্তি খাদ্যবস্তুতে রাসায়িকগুলিতে সঞ্চিত থাকে এই শক্তি আমাদের শরীরে স্থানান্তরিত হয় যাতে সেগুলি রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলিতে শক্তি ব্যবহার করে কার্য করতে পারে।
2. চিন্তা করার এটি একটি সাধারণ মাধ্যম, কিন্তু সাম্প্রতিককালে শিক্ষকদেরকে, শক্তিকে একক রূপ হিসাবে চিন্তাভাবনা করার জন্য উৎসাহিত করা হচ্ছে যা তড়িৎ প্রবাহ, আলো এবং শব্দের মতো বিভিন্ন মাধ্যম দ্বারা একস্থান থেকে অন্যস্থানে স্থানান্তরিত হয়।
3. এই ভাবনাটি সঠিক নয়। শক্তি কখনই 'নিঃশেষিত' হয় না, কিন্তু এটি একস্থান থেকে অন্যস্থানে এমনভাবে স্থানান্তরিত হয় যাতে এটি দূরীভূত হয় এবং কম কার্যকরী হয়। শক্তির নিত্যতা সূত্র শক্তিকে নিঃশেষিত হতে প্রতিরোধ করে। গাড়ির একটি ইঞ্জিনে, পরিবেশে শব্দ এবং তাপ স্থানান্তরের মাধ্যমে শক্তির অপচয় হয়। এই তাপের কিছুটা অংশ দহনক্রিয়াতে উৎপন্ন হয়, কিছুটা ইঞ্জিনের বিভিন্ন চলমান যন্ত্রাংশের পারস্পরিক ঘর্ষণ থেকে উৎপন্ন হয় আর কিছুটা মাটির সঙ্গে সংযোগের ফলে উৎপন্ন হয়।
4. এই ভাবনাটি ভালো এবং এটির মাধ্যমে সাম্প্রতিক ভাবনাগুলি যেগুলি শ্রেণিকক্ষে উপস্থাপন করা হবে সেগুলি প্রতিফলিত হয়।
5. এই ধরনের ভাবনা সম্ভবত বিতর্কমূলক। অবশ্য, ফিনম্যানের শক্তির সংজ্ঞা বিশ্লেষণ করলে মনে হতে পারে যে এই ক্ষেত্রে এটিই সত্য। আমরা বস্তুগুলিকে নির্দিষ্ট আকৃতি দিতে চাই কিন্তু ভৌতবিজ্ঞানে অধিকাংশ ভাবনাগুলি হলো এরকমই; ভাবনা বা মডেল।

অতিরিক্ত সম্পদসমূহ

- Practical physics http://www.nuffieldfoundation.org/practical-physics provides information on practical activities in physics for 11-19 year olds.
- SEP booklets (downloadable pdfs): Energy storage, Making energy real, Building materials, Solar power, Wind power, all at http://www.nationalstemcentre.org.uk/elibrary/
- IoP: Physics demonstration films http://www.nationalstemcentre.org.uk/elibrary/collection/491/physics-demonstration-films
- MIT Blossoms: Quantifying the energy associated with everyday things and events https://blossoms.mit.edu/videos/lessons/quantifying_energy_associated_everyday_things_and_events

তথ্যসূত্র/গ্রন্থতালিকা

Bruner, J.S. (1966) *Towards a Theory of Instruction*. New York, NY: W.W. Norton and Company.

Bruner, J.S. (1978) 'The role of dialogue in language acquisition', in Sinclair, A., Jarvelle, R.J. and Levelt, W.J.M. (eds) *The Child's Concept of Language*. New York, NY: Springer-Verlag.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. and Wood-Robinson, V. (1994) *Making Sense of Secondary Science*. London, UK: Routledge. (Note in particular the chapters on energy, forces and horizontal motion.)

Feynman, R., Leighton, R.B. and Sands, M. (1964) *The Feynman Lectures on Physics*. Reading, MA: Addison-Wesley. Available from: http://feynmanlectures.caltech.edu/ (accessed 19 May 2014).

Hastings, S. (2003) 'Questioning', *TES Newspaper*, 4 July. Available from: http://www.tes.co.uk/article.aspx?storycode=381755 (accessed 22 September 2014).

Hattie, J. (2012) *Visible Learning for Teachers: Maximising the Impact on Learning*. Abingdon: Routledge.

Millar, R. (2011) 'Energy', in Sand, D. (ed.) *Teaching Secondary Physics*. London, UK: John Murray.

National Strategies (2011) 'Barriers to learning' (online), in *Energy, Electricity and Forces*. Available from: http://www.teachfind.com/national-strategies/barriers-learning-8 (accessed 19 May 2014).

Scaife, J. (2012) 'Learning in science', in Wellington, J.J. and Ireson, G. (eds) *Science Learning, Science Teaching*. London, UK: Routledge.

Taber, K.S. (2011) 'Constructivism as educational theory: contingency in learning, and optimally guided instruction', in Hassaskhah, J. (ed.) *Educational Theory*. New York, NY: Nova. Available from: https://camtools.cam.ac.uk/wiki/eclipse/constructivism.html (accessed 19 May 2014).

কৃতজ্ঞতাস্বীকার

এই বিষয়বস্তু ক্রিয়েটিভ কমন্স অ্যাট্রিবিউশন – শেয়ারঅ্যালাইক লাইসেন্স এর অধীনে উপলব্ধ (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/), যদি না অন্যভাবে চিহ্নিত হয়। লাইসেন্সটি টিইএসএস (TESS)-ইন্ডিয়ার, OU এবং UKAID লোগোগুলির ব্যবহার বহির্ভূত করে, যা শুধুমাত্র টিইএসএস(TESS)-ইন্ডিয়ার প্রকল্পের ক্ষেত্রেই অপরিবর্তিতভাবে ব্যবহার করা যেতে পারে।

কপিরাইট স্বত্বাধিকারীদের সঙ্গে যোগাযোগ করার উদ্দেশ্যে সর্বতভাবে প্রচেষ্টা করা হয়েছে। যদি কোনোটি অনিচ্ছাকৃতভাবে নজর এড়িয়ে গিয়ে থাকে, তাহলে প্রকাশকরা প্রথম সুযোগেই সানন্দে প্রয়োজনীয় বন্দোবস্ত করবেন।

ভিডিও (ভিডিও স্টিল সহ): ভারত ব্যাপী শিক্ষকদের শিক্ষাদানকারী, প্রধান শিক্ষক, শিক্ষক ও শিক্ষার্থীদের ধন্যবাদ জানানো হচ্ছে, যারা প্রস্তুতির সময়ে ওপেন ইউনিভার্সিটির সঙ্গে কার্য করেছিলেন।