

درس اول

زنگ علوم

روش علمی

دانشمندان برای اینکه بتوانند رازهای طبیعت را کشف کنند، از یک مسیر منظم و دقیق استفاده می‌کنند که به آن «روش علمی» گفته می‌شود.

روش علمی به ما کمک می‌کند پدیده‌های اطرافمان را بهتر بشناسیم، سؤال بپرسیم، آزمایش کنیم و به پاسخ‌های قابل اعتماد برسیم.

مثلاً وقتی دانش‌آموزی می‌پرسد:

«چرا بعضی گیاهان سریع‌تر رشد می‌کنند؟»

او می‌تواند با استفاده از روش علمی پاسخ این سؤال را پیدا کند.

در کتاب‌ها و منابع مختلف، تعداد مراحل روش علمی متفاوت بیان می‌شود؛ بعضی ۵ مرحله و بعضی ۷ مرحله ذکر می‌کنند. اما بیشتر دانشمندان معتقدند که همه این مراحل را می‌توان در ۵ بخش اصلی خلاصه کرد.



(۱) مشاهده کردن: نخستین مرحله روش علمی، مشاهده کردن است.

مشاهده یعنی جمع‌آوری اطلاعات درباره یک پدیده با استفاده از حواس، فکر کردن و گاهی ابزارهای علمی مانند ذره‌بین، دماسنج یا تلسکوپ.



هرچه مشاهده دقیق‌تر باشد و از حواس بیشتری استفاده کنیم، پرسش‌های بهتر و بیشتری در ذهن ما شکل می‌گیرد.

مثلاً فرض کنید می‌خواهید طرز درست کردن قورمه سبزی را یاد بگیرید برای اینکار می‌توانید از یک برنامه تلویزیونی استفاده کنید در این حالت شما فقط دو حس **بینایی و شنوایی** را به کار می‌گیرید در صورتی که اگر این کار را در کنار یک آشپز انجام دهید علاوه بر دو حس **شنوایی و بینایی از حس‌های چشایی و بویایی** نیز می‌توانید استفاده کنید مسلماً در حالت دوم میزان یادگیری شما بیشتر خواهد بود. **در مشاهده هدف باید مشخص باشد.**



دانشمندان نیز هنگام مشاهده تلاش می‌کنند تا با دقت بیشتری اطلاعات جمع‌آوری کنند.

نکته مهم: مشاهده علمی باید هدفمند باشد؛ یعنی بدانیم دقیقاً به دنبال چه چیزی هستیم.

داستان علمی کوتاه: روزی پوریا خبری درباره سقوط یک شهاب‌سنگ در روزنامه خواند. در خبر نوشته شده بود:

«این شهاب‌سنگ هنگام برخورد با زمین، گودالی به قطر ۱۲ متر و عمق ۵ متر ایجاد کرده است.» یکی از دوستان او گفت:

«من در مستندی دیده‌ام که بعضی شهاب‌سنگ‌ها گودال‌هایی بسیار بزرگ‌تر، مثلاً با قطر ۱۲۰۰ متر و عمق ۲۰۰ متر ایجاد می‌کنند.»

پوریا و دوستانش با بیان این مشاهدات، درباره علت تفاوت اندازه گودال‌ها کنجکاو شدند و پرسش‌های علمی جدیدی در ذهنشان شکل گرفت.

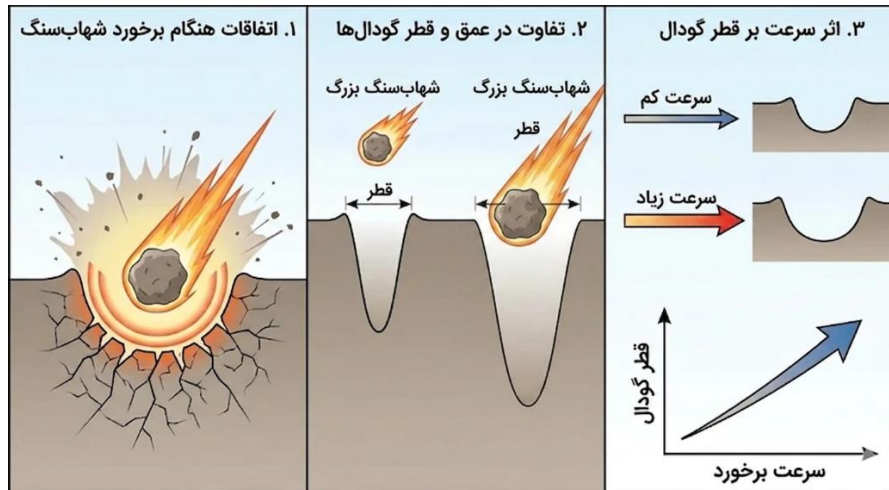


(۲) طرح پرسش: همانطور که در بالا اشاره شد مشاهده‌ای که خوب و دقیق باشد به پرسش یا پرسش‌های خوبی منتهی می‌شود همیشه به یاد داشته باشید که یک تحقیق علمی با پرسش شروع می‌شود. والا مشاهدات همیشه در زندگی روزمره ما وجود دارند ولی بیشتر آن‌ها به پرسشی ختم نمی‌شوند وقتی هم که پرسش نباشد تحقیقی شروع نمی‌شود.



پوریا و دوستانش پس از بیان مشاهداتشان سوالاتی برایشان مطرح می‌شود:

- ۱- هنگام برخورد شهاب سنگ با زمین چه اتفاق می‌دهد؟
- ۲- چرا عمق و قطر گودال‌های ایجاد شده یکسان نیستند؟
- ۳- سرعت برخورد شهاب سنگ چه اثری روی قطر گودال دارد؟



۳) **جمع‌آوری اطلاعات:** این کار برای پاسخگویی به پرسش انجام می‌شود.



۴) **فرضیه‌سازی:** فرضیه **پاسخ احتمالی** به پرسش ایجاد شده است که ممکن است **درست یا نادرست** باشد که با **آزمایش کردن** درستی یا نادرستی آن معلوم می‌شود **فرضیه باید دو ویژگی داشته باشد** تا علمی محسوب شود:

اولاً: بر اساس **مشاهدات** انجام شده ارائه شود.

ثانیاً: قابل آزمایش کردن باشد بنابر این فرضیه‌ای که قابل آزمایش شدن نباشد ارزش ندارد و باید آن را عوض کرد.



پوریا و دوستانش فرضیه‌های زیر را ارائه کردند:

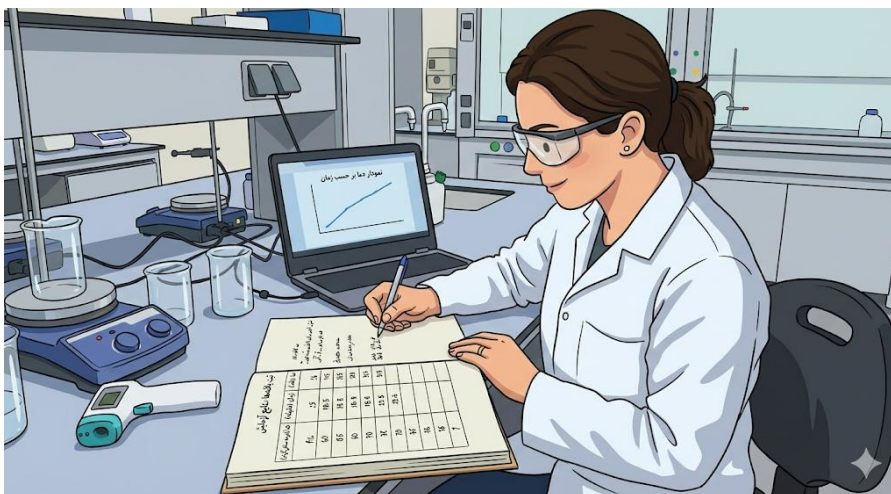
- (الف) هرچه اندازه‌ی شهاب سنگ بزرگتر باشد، گودال ایجاد شده عمیق‌تر خواهد بود.
 (ب) هرچه سرعت شهاب سنگ بیشتر باشد، قطر گودال ایجاد شده بزرگتر خواهد بود.
 (ج) اگر شهاب سنگ در اقیانوس سقوط کند گودالی ایجاد نمی‌شود.



(۵) آزمایش کردن: برای اطمینان از درستی یا نادرستی فرضیه انجام می‌شود گاهی لازم می‌شود چندین بار یک آزمایش را تکرار کرد یا اینکه چندین آزمایش مختلف برای بررسی درستی یا نادرستی یک فرضیه انجام داد. وقتی شما چندین آزمایش انجام می‌دهید نتیجه‌گیری نهایی دقیق‌تر خواهد بود البته نکته‌ای که باید به آن دقت کرد این است که اندازه‌گیری‌هایی که در چند آزمایش مشابه انجام می‌شود ممکن است دقیقاً مثل هم نباشند ولی حتماً باید نزدیک به هم باشند.



۶) **ثبت یافته‌ها:** ثبت نتایج حاصل از آزمایش به صورت **نمودار** یا **جدول** باعث می‌شود که مرحله آخر روش علمی یعنی **نتیجه‌گیری راحت‌تر** باشد.



تفاوت در نتایج به دست آمده ناشی از سه عامل است:

الف) خطای فرد آزمایش کننده

ب) خطای ابزارها

ج) اثر عوامل محیطی

وقتی اندازه‌گیری‌ها متفاوت است باید مواردی که با بقیه تفاوت زیادی دارند را حذف کرد سپس از بقیه موارد میانگین گرفته به عنوان پاسخ نهایی اعلام کنیم.

علوم

ششم



مثال: طول میزی را ده نفر از دانش‌آموزان کلاسی با خط کش اندازه گرفتند نتایج به دست آمده بر حسب سانتی متر به شرح ذیل می‌باشد:

۱۴۹، ۱۵۱، ۱۵۰، ۱۴۸، ۱۵۶، ۱۵۱، ۱۴۹، ۱۵۰، ۱۵۲، ۱۴۵

با توجه به نتایج به دست آمده اندازه‌های ۱۴۵ و ۱۵۶ به علت تفاوت زیاد با سایر اندازه‌گیری‌ها از نتایج به دست آمده حذف می‌شود از هشت اندازه‌گیری دیگر میانگین می‌گیریم پاسخ نهایی ۱۵۰ می‌شود که البته پاسخ ۱۰۰٪ درست محسوب نمی‌شود بلکه می‌گوئیم پاسخ تقریباً درست ۱۵۰ است.



مرحله آزمایش کردن مرحله‌ای است که بیشترین مهارت‌های یادگیری در آن به کار می‌رود.



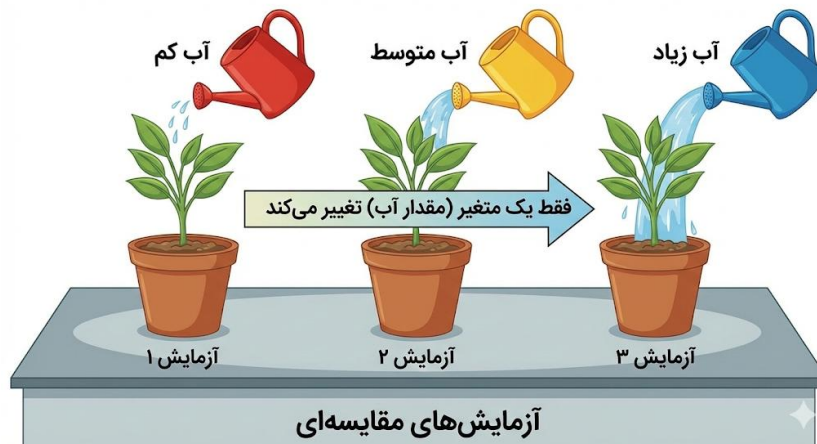
دکتر محمد رضا مهرزادیان

www.mobtakeranclass.com

بعضی وقت‌ها آزمایش‌ها به صورت مقایسه‌ای انجام می‌شود.

آزمایش‌های مقایسه‌ای چیست؟

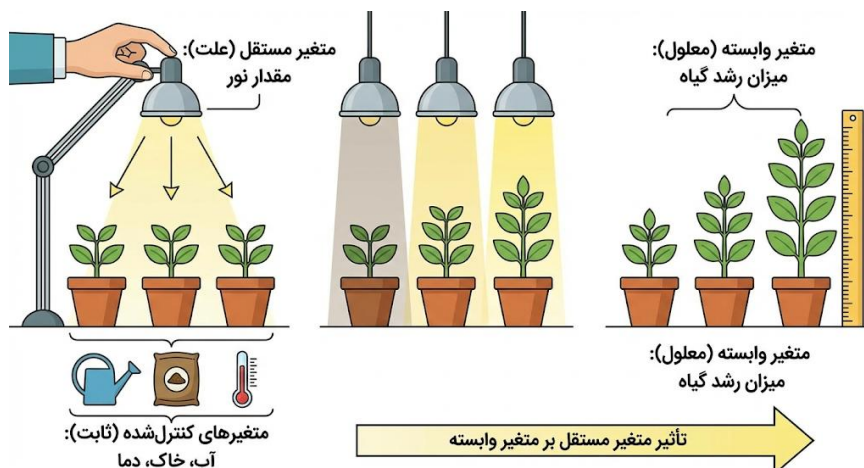
چندین آزمایش مشابه هستند که فقط در **یکی از متغیرها** با هم فرق دارند.



متغیر به عاملی گفته می‌شود که **در حین انجام آزمایش تغییر می‌کند**. دو نوع متغیر داریم متغیر **مستقل** و متغیر **وابسته**.

متغیر مستقل: عاملی است که تغییرات آن **در دست شخص آزمایش کننده** است.

متغیر وابسته: که **تغییرات مستقل باعث تغییر در عامل دیگری می‌شود** که به آن **متغیر وابسته** می‌گویند. تغییرات متغیر وابسته اثری روی متغیر مستقل ندارد در حالیکه تغییرات متغیر مستقل در اختیار آزمایش کننده است.



مثال: می‌خواهیم اثر میزان نور در مقدار رشد گیاه را بررسی کنیم در اینجا **نور متغیر مستقل** و **مقدار رشد گیاه متغیر وابسته** به آن محسوب می‌شود سایر متغیرها باید ثابت باشند برای این کار چند گلدان کاملاً مشابه انتخاب می‌کنیم همه چیز و شرایط آن‌ها باید مشابه باشد مثلاً نوع گیاه‌ها، اندازه گیاه‌ها، نوع و جنس گلدان‌ها، مقدار خاک هر گلدان، میزان آب دهی روزانه، زمان آب دهی و

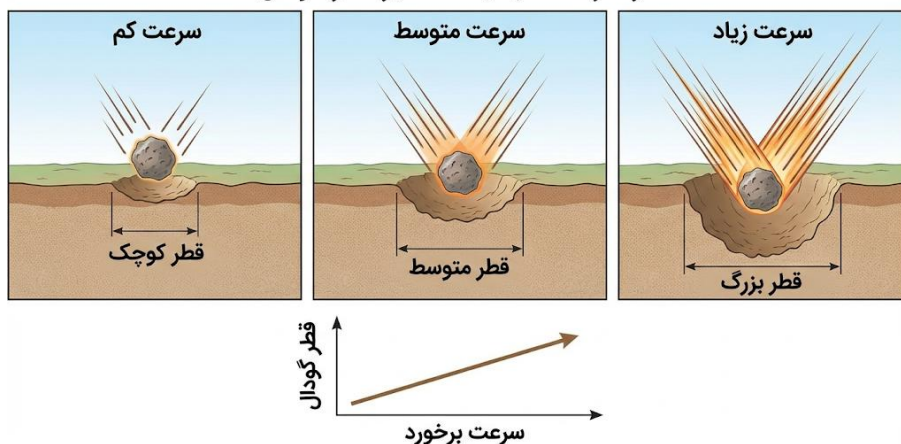
تنها چیزی که باید متفاوت باشد مقدار نوری است که به هر گلدان می‌رسد یکی از گلدان‌ها را در مقابل نور مستقیم، یکی را پشت پنجره، یکی را وسط اتاق، یکی را در راهرو و یکی را در زیرزمین می‌گذاریم تنها عاملی که برای گلدان‌ها متفاوت است **مقدار نور رسیده** به گلدان‌ها است. **نور متغیر** **مستقل** و **میزان رشد هر گیاه متغیر وابسته** محسوب می‌شود. بصورت متناوب مثلاً هر سه روز یکبار مقدار رشد هر گیاه را اندازه می‌گیریم نمونه‌ایی که در **مقابل نور مستقیم** قرار دارد به عنوان **نمونه اصلی** و نمونه‌های دیگر نمونه‌های **شاهد** محسوب می‌شوند.



نکته: تنها تفاوت نمونه اصلی (گاهی به آن نمونه آزمایش هم گفته می‌شود) با نمونه شاهد در **متغیر مستقل** است یعنی همان متغیری که هدف ما یعنی بررسی اثر آن بوده است.

یکی از سوالاتی که برای پوریا و دوستانش مطرح شد این بود که سرعت برخورد شهاب سنگ چه اثری بر روی قطر دهانه‌ی گودال دارد؟ آن‌ها این فرضیه را ارائه کردند "هرچه شهاب سنگ با سرعت بیشتری به زمین برخورد کند، قطر دهانه‌ی گودال ایجاد شده بزرگتر خواهد بود"

اثر سرعت شهاب سنگ بر قطر گودال



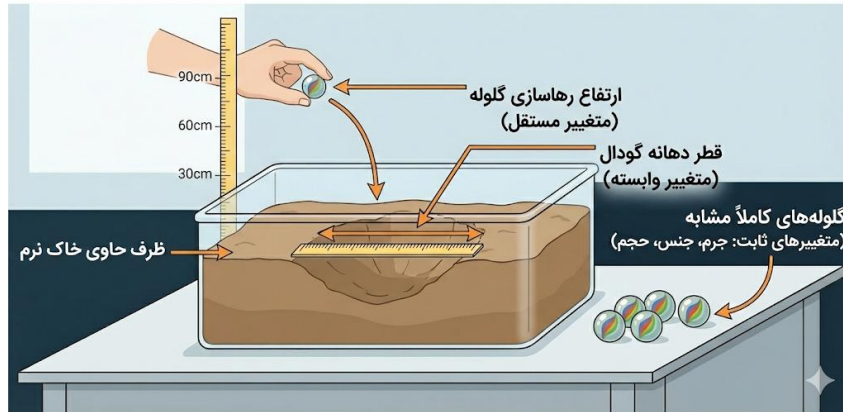
آن‌ها برای بررسی درستی فرضیه خود آزمایشی زیر را طراحی کردند و وسایل مورد نیاز: تیله در اندازه‌های مختلف، خط کش، ظرف خاک.

چه چیزی تغییر می‌کند؟ **ارتفاع** رهاسازی گلوله (**متغیر مستقل**)

چه چیزی اندازه گیری می‌شود؟ **قطر دهانه گودال** (**متغیر وابسته**)

چه چیزهایی را ثابت نگه می‌داریم؟ جرم، جنس و حجم گلوله به عبارت دیگر فقط از یک گلوله یا از گلوله‌های کاملاً مشابه استفاده می‌کنیم.

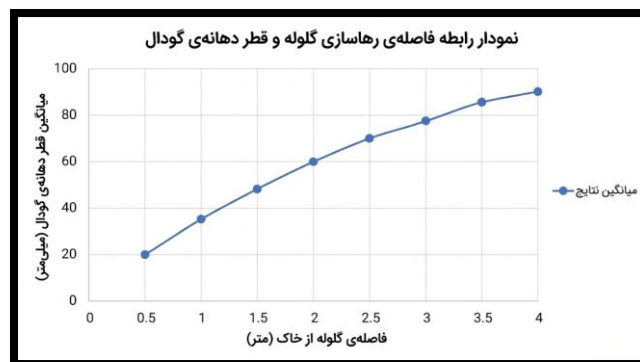
آزمایش بررسی اثر ارتفاع بر قطر گودال



پوریا و دوستانش جدولی را مطابق شکل زیر طراحی کردند.

شماره آزمایش	فاصله‌ی گلوله از خاک (۰/۵) متر	فاصله‌ی گلوله از خاک (۱) متر	فاصله‌ی گلوله از خاک (۱/۵) متر	فاصله‌ی گلوله از خاک (۲) متر	فاصله‌ی گلوله از خاک (۲/۵) متر	فاصله‌ی گلوله از خاک (۳) متر	فاصله‌ی گلوله از خاک (۳/۵) متر	فاصله‌ی گلوله از خاک (۴) متر
۱								
۲								
۳								
میانگین								

آن‌ها نتایج به دست آمده را به صورت نمودار رسم کردند.



علوم

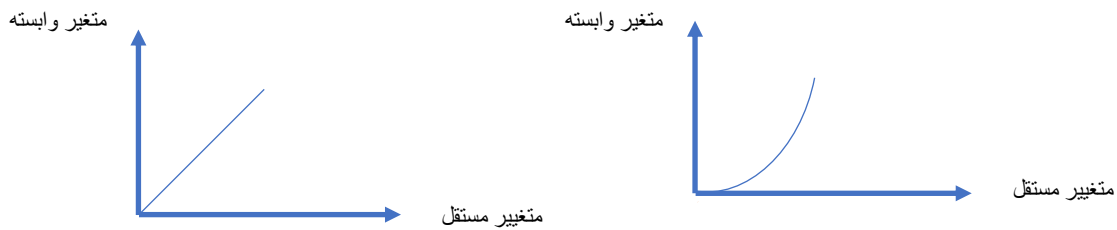
ششم



نمودارها:

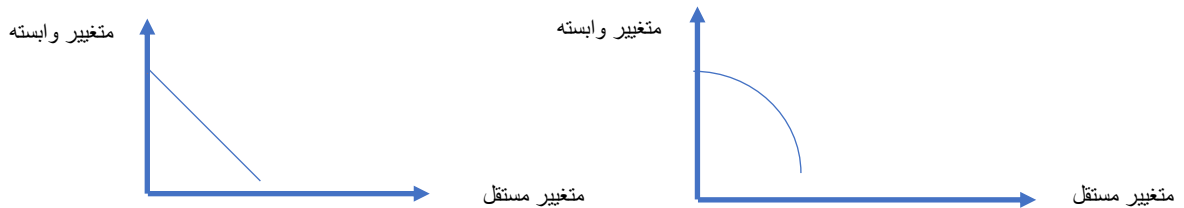
الف) نمودار صعودی

این نمودار نشان می‌دهد که با افزایش متغیر مستقل، متغیر وابسته نیز زیاد می‌شود



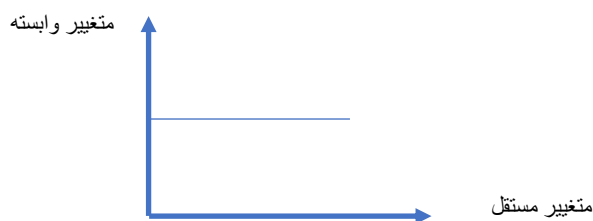
ب) نمودار نزولی:

با افزایش متغیر مستقل، متغیر وابسته زیاد می‌شود



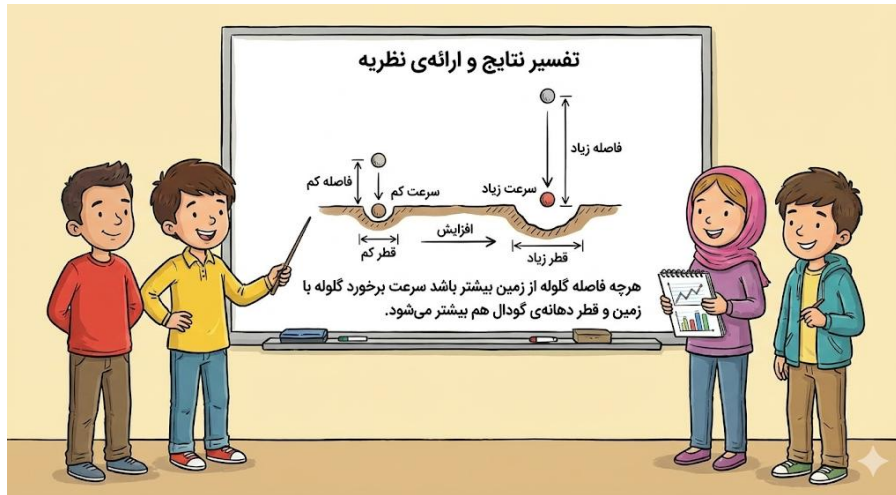
پ) نمودار ثابت:

با افزایش متغیر مستقل، متغیر وابسته تغییر نمی‌کند



۷) **تفسیر نتایج حاصل از آزمایش و نتیجه‌گیری یا بطور خلاصه ارائه‌ی نظریه: نظریه** در واقع همان **فرضیه** است که با انجام **آزمایش‌های مکرر** درستی آن به اثبات رسیده است. نظریه تا زمانی که **خلاف** آن ثابت نشود و **پاسخگوی سوالات** موجود یا سوالاتی که در آینده می‌شود باشد، معتبر است.

پوریا و دوستانش بعد از انجام آزمایش و ثبت نتایج به دست آمده در جدول و نمودار، این نتایج را تفسیر کرده و نظریه‌شان را به شکل زیر ارائه کردند:



تحقیق علمی: برای مسئله زیر یک تحقیق علمی طراحی کرده و مراحل مختلف آن را بنویسید

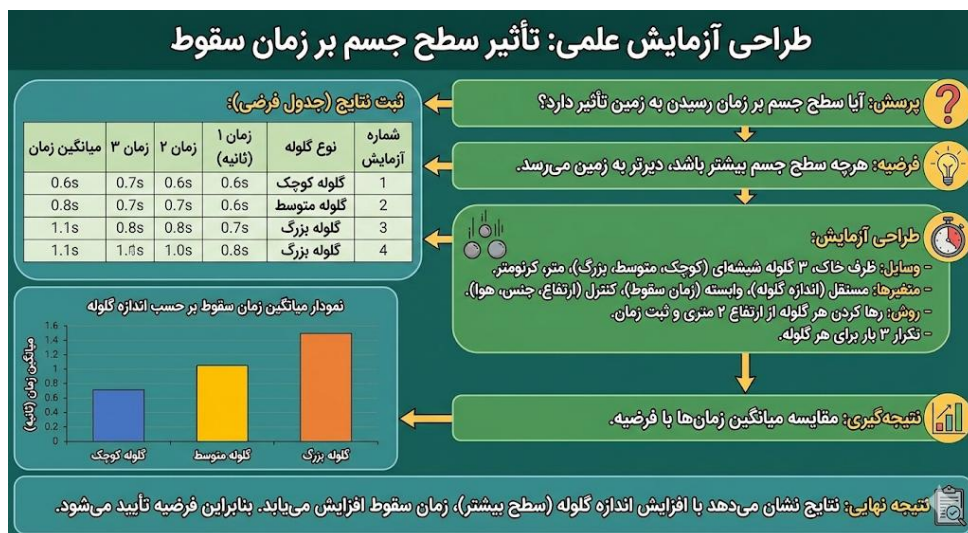
وقتی چند جسم مختلف را از یک بلندی رها می‌کنیم، پس از مدتی به زمین می‌رسند اما برخی زودتر و برخی دیرتر به زمین می‌رسند به نظر گروهی از دانش‌آموزان هرچه سطح جسم بیشتر باشد، دیرتر به زمین می‌رسد.

وسایل مورد نیاز: ظرف خاک، گلوله‌های شیشه‌ای در اندازه‌های مختلف، زمان سنج (کرونومتر) آنچه باید اندازه گیری کرد زمان رسیدن هر گلوله به درون ظرف است.

آنچه هر بار تغییر می‌کند اندازه گلوله‌ها است.

آنچه ثابت می‌ماند، جنس گلوله‌ها، ارتفاع رها شدن گلوله‌ها و سایر شرایط آزمایش مثل مشابه بودن جریان هوا در هنگام آزمایش است.

متغیر مستقل اندازه گلوله‌ها است که توسط آزمایش کننده در هر آزمایش تغییر می‌کند. متغیر وابسته زمان رسیدن هر گلوله به درون ظرف است که هر بار با کرونومتر اندازه گیری می‌شود.



مثال: کشف واکسن آبله توسط ادوارد جنر

(۱) مشاهده

در قرن ۱۸ مردم از بیماری کشنده‌ای به نام آبله می‌مردند. اما جنر متوجه شد که زناتی که گاو می‌دوشند (و به بیماری خفیفی به نام آبله گاوی مبتلا شده‌اند) هرگز به آبله انسانی دچار نمی‌شوند.

(۲) پرسش

آیا آبله گاوی می‌تواند انسان را در برابر آبله انسانی مقاوم کند؟

(۳) جمع آوری اطلاعات

(۴) فرضیه سازی

اگر شخصی به طور عمدی به آبله گاوی مبتلا شود، بدنش در برابر آبله انسانی ایمن خواهد شد.

(۵) آزمایش

جنر مقداری چرک از دست یک زن مبتلا به آبله گاوی گرفت و آن را به بازوی یک کودک ۸ ساله به نام جیمز فیپس تزریق کرد.

چند روز بعد جنر سعی کرد کودک را به طور عمدی با ویروس آبله انسانی آلوده کند.

(۶) ثبت یافته‌ها

کودک هیچ علائمی از آبله انسانی نشان نداد.

(۷) نتیجه‌گیری و ارائه نظریه

ابتلا به آبله گاوی بدن را در برابر آبله انسانی مقاوم می‌کند. فرضیه تأیید شد. جنر یافته‌هایش را منتشر کرد. دیگر پزشکان آزمایش‌های مشابهی انجام دادند و نتایج او را تأیید کردند. این آغازگر عصر واکسیناسیون شد.



سوالات تستی

۱. اولین مرحله از روش علمی چیست؟
 الف) فرضیه‌سازی (ب) آزمایش کردن (ج) مشاهده دقیق (د) ثبت یافته‌ها
۲. کدام یک ویژگی اصلی یک مشاهده علمی است؟
 الف) سریع باشد (ب) با حدس همراه باشد (ج) بدون هدف باشد (د) دقیق و هدفمند باشد
۳. طرح پرسش در روش علمی معمولاً ناشی از چه چیزی است؟
 الف) آزمایش (ب) مشاهده (ج) نظریه (د) نتیجه‌گیری
۴. کدام مورد بیانگر فرضیه‌ای علمی نیست؟
 الف) اگر نور بیشتر باشد، رشد گیاه بیشتر می‌شود.
 ب) اگر شخصی خواب ببیند، فردا باران می‌بارد.
 ج) اگر سرعت شهاب‌سنگ بیشتر باشد، قطر دهانه بیشتر می‌شود.
 د) اگر جرم گلوله بیشتر باشد، گودال عمیق‌تر خواهد شد.
۵. متغیر وابسته در آزمایش اثر نور بر رشد گیاه چیست؟
 الف) نور (ب) نوع گل‌دان (ج) رشد گیاه (د) خاک
۶. هدف از استفاده از نمونه شاهد چیست؟
 الف) کاهش زمان آزمایش (ب) بررسی خطای ابزار
 ج) مقایسه و کنترل متغیرها (د) افزایش متغیرها
۷. در یک آزمایش علمی، کدام ویژگی از فرضیه باید وجود داشته باشد؟
 الف) اعتقاد عمومی (ب) قابل آزمایش بودن (ج) طولانی بودن (د) پیچیده بودن
۸. کدام یک از نمودارهای زیر نشان‌دهنده رابطه مستقیم است؟
 الف) نزولی (ب) ثابت (ج) صعودی (د) ترکیبی
۹. اگر با افزایش متغیر مستقل، متغیر وابسته کم شود، نمودار چگونه خواهد بود؟
 الف) مستقیم (ب) نزولی (ج) افزایشی (د) خطی
۱۰. کدام عامل باعث حذف یک داده در اندازه‌گیری می‌شود؟
 الف) تکرار زیاد (ب) تفاوت شدید با بقیه (ج) شباهت زیاد (د) استفاده از ابزار دقیق
۱۱. چرا چندین بار آزمایش انجام می‌دهیم؟
 الف) برای صرفه‌جویی (ب) برای سرگرمی (ج) برای دقت بیشتر (د) برای مصرف مواد

۱۲. اگر ابزار اندازه‌گیری خراب باشد، چه نوع خطایی رخ می‌دهد؟

الف) محیطی (ب) انسانی (ج) ابزاری (د) تصادفی

۱۳. در یک آزمایش رشد گیاه، کدام عامل باید ثابت باشد؟

الف) نور (ب) نوع خاک (ج) نوع گیاه (د) همه موارد

۱۴. چرا استفاده از نمودار مفید است؟

الف) زیبایی آزمایش (ب) صرفه‌جویی در زمان (ج) تحلیل بهتر داده‌ها (د) کاهش هزینه

۱۵. نظریه علمی چه زمانی ایجاد می‌شود؟

الف) وقتی اولین فرضیه مطرح شد (ب) قبل از آزمایش (ج) پس از تأیید فرضیه با آزمایش‌های مختلف (د) بدون نیاز به آزمایش

۱۶. مثال واکسن آبله جنر مربوط به کدام مرحله از روش علمی نیست؟

الف) مشاهده (ب) فرضیه‌سازی (ج) آزمایش (د) متغیر کنترل

۱۷. کدام گزینه متغیر مستقل نیست؟

الف) مقدار نور (ب) نوع خاک (ج) رشد گیاه (د) جرم گلوله

۱۸. کدام گزینه نشان از نتیجه‌گیری علمی دارد؟

الف) فکر می‌کنم درست باشد (ب) به نظرم جواب این است (ج) فرضیه تأیید شده است (د) شاید درست باشد

۱۹. اگر گلوله‌ها از ارتفاع‌های مختلف رها شوند، چه چیزی تغییر می‌کند؟

الف) نوع خاک (ب) جرم گلوله (ج) ارتفاع = متغیر مستقل (د) زمان

۲۰. کدام عامل در آزمایش رشد گیاه باید تغییر کند؟

الف) زمان آبیاری (ب) نور دریافتی (ج) نوع گلدان (د) جنس خاک

۲۱. حذف داده‌های پرت چه کمکی می‌کند؟

الف) سرعت آزمایش را زیاد می‌کند (ب) میانگین دقیق‌تری به دست می‌دهد (ج) تعداد آزمایش‌ها را کم می‌کند (د) ابزار را بهتر می‌شناسد

۲۲. دلیل علمی برای دیرتر افتادن بعضی اجسام چیست؟

الف) وزن آن‌ها بیشتر است (ب) سطح آن‌ها بیشتر است (ج) چگالی آن‌ها کمتر است (د) شفاف‌ترند

۲۳. در آزمایش تپله و خاک، متغیر وابسته چیست؟

الف) اندازه تپله (ب) ارتفاع رهاسازی (ج) قطر گودال (د) زمان آزمایش

۲۴. نتیجه‌گیری باید بر اساس چه چیزی باشد؟

- الف) نظر معلم (ب) فرضیه (ج) داده‌های ثبت‌شده (د) مشاهده اولیه

۲۵. چرا گاهی نتایج دقیقاً مثل هم نیستند؟

- الف) خطای ابزار یا انسان (ب) تنبلی دانش‌آموزان (ج) نداشتن فرضیه (د) عدم علاقه به آزمایش

۲۶. چرا باید تنها یک متغیر را تغییر دهیم؟

- الف) ساده‌تر است (ب) قابل فهم‌تر است (ج) تأثیر آن دقیق بررسی شود (د) وقت کم داریم

۲۷. در یک تحقیق علمی، اگر اطلاعات جمع‌آوری نشود، چه مرحله‌ای ناقص می‌ماند؟

- الف) مشاهده (ب) نتیجه‌گیری (ج) فرضیه (د) آزمایش

۲۸. اگر مقدار رشد در همه گل‌دان‌ها یکسان باشد، نمودار چگونه است؟

- الف) صعودی (ب) نزولی (ج) ثابت (د) غیر قابل رسم

۲۹. چه زمانی فرضیه را تغییر می‌دهیم؟

- الف) اگر نتیجه مطلوب نباشد (ب) اگر آزمایش ناقص باشد (ج) اگر فرضیه رد شود (د) اگر نظریه شکل بگیرد

۳۰. در مثال رشد گیاه، نور چه نقشی دارد؟

- الف) متغیر وابسته (ب) متغیر مستقل (ج) ثابت (د) عامل محیطی

سؤالات چالشی و ترکیبی (۳۱ تا ۴۰)

۳۱. اگر در دو آزمایش با تغییر متغیر مستقل نتایج متفاوت باشد، چه باید کرد؟

- الف) فرضیه را رها کرد (ب) دوباره آزمایش کرد (ج) آزمایش را کنار گذاشت (د) ابزار را شکاند!

۳۲. چه عاملی در دقت میانگین‌گیری تأثیرگذار است؟

- الف) حذف داده‌های غیرطبیعی (ب) افزایش تعداد افراد (ج) رسم نمودار (د) فرضیه قوی

۳۳. در کدام مرحله از روش علمی بیشترین مهارت یادگیری استفاده می‌شود؟

- الف) مشاهده (ب) طرح سؤال (ج) آزمایش (د) نتیجه‌گیری

۳۴. چرا در برخی آزمایش‌ها از نمودار استفاده می‌شود؟

- الف) برای زیبایی (ب) برای آسان‌تر شدن نتیجه‌گیری (ج) برای پیچیدگی بیشتر (د) برای پر کردن وقت

۳۵. جنر چگونه فرضیه خود را آزمایش کرد؟

- الف) پرسیدن از دیگران
ج) مطالعه کتاب
ب) آلوده کردن کودک
د) تزریق واکسن به گاو

۳۶. اگر نظریه‌ای پس از مدتی با شواهد جدید رد شود، چه می‌شود؟

- الف) هنوز معتبر است
ج) باطل می‌شود
ب) بی‌ارزش است
د) به فرضیه برمی‌گردد

۳۷. چرا آزمایش در شرایط یکسان انجام می‌شود؟

- الف) صرفه‌جویی
ج) افزایش هیجان
ب) کاهش متغیرهای ناخواسته
د) راحتی

۳۸. در آزمایش تیله‌ها، چرا فقط ارتفاع تغییر می‌کرد؟

- الف) برای تمرکز بر تأثیر سرعت
ج) چون تیله مهم نبود
ب) برای صرفه‌جویی در تیله
د) چون خاک حساس بود

۳۹. آزمایش چه کمکی به فرضیه می‌کند؟

- الف) آن را ایجاد می‌کند
ج) آن را تبدیل به سؤال می‌کند
ب) آن را ثابت یا رد می‌کند
د) بی‌اثر است

۴۰. اگر در یک آزمایش تمام نتایج مساوی باشند، چه باید کرد؟

- الف) نتیجه‌گیری کرد
ج) آزمایش را متوقف کرد
ب) فرضیه را تغییر داد
د) متغیر را تغییر داد

سوالات جای خالی (۱۰ سوال)

۱. روش علمی راهی و دقیق برای شناخت بهتر پدیده‌ها است.
۲. اولین مرحله از مراحل روش علمی، نام دارد.
۳. مشاهده یعنی استفاده از برای جمع‌آوری اطلاعات.
۴. تحقیق علمی معمولاً با یک شروع می‌شود.
۵. یک پرسش علمی باید روشن، منطقی و باشد.
۶. به پاسخ احتمالی و موقتی که برای یک پرسش مطرح می‌کنیم، می‌گویند.
۷. فرضیه باید طوری باشد که بتوان آن را کرد.
۸. بعد از فرضیه‌سازی، نوبت به اجرای می‌رسد.
۹. در هر آزمایش علمی، باید را یادداشت کنیم تا بتوانیم تحلیل دقیق‌تری داشته باشیم.

۱۰. متغیری که دانشمند آن را در آزمایش تغییر می‌دهد، متغیر نامیده می‌شود.
۱۱. برای اینکه مطمئن شویم نتیجه آزمایش اتفاقی نیست، باید آزمایش را کنیم.
۱۲. به عاملی که در طول آزمایش تغییر نمی‌کند، می‌گوییم.
۱۳. آخرین مرحله از مراحل روش علمی، است.
۱۴. اگر درستی فرضیه‌ای با آزمایش ثابت شود، به آن می‌گویند.
۱۵. برای مشاهده دقیق‌تر، علاوه بر چشم می‌توان از استفاده کرد.
۱۶. در مثال فرفره‌های چرخان، پهنای بال فرفره به عنوان یک مستقل در نظر گرفته می‌شود.
۱۷. نتایج آزمایش باید بر اساس جمع‌آوری شده در طول آزمایش باشد.
۱۸. اگر فرضیه در آزمایش رد شود، دانشمند باید آن را یا به طور کلی تغییر دهد.
۱۹. تحقیق علمی همیشه باید به یک روشن ختم شود.
۲۰. مشاهده علمی فراتر از فقط دیدن است و شامل استفاده از تمام است.

سوالات درست یا نادرست (۲۰ سوال)

۱. اگر در آزمایش، داده‌های پرت (خیلی متفاوت از بقیه) داشته باشیم، همیشه باید آن‌ها را حذف کنیم.
۲. مشاهده هدفمند، مشاهده‌ای است که پیش از شروع، می‌دانیم دقیقاً به دنبال چه چیزی هستیم.
۳. متغیر کنترل، متغیری است که تغییرات آن در دست آزمایش‌کننده است.
۴. فرضیه‌ای که قابل آزمایش نباشد، ارزش علمی ندارد.
۵. تکرار آزمایش‌ها، دقت محاسبات را افزایش داده و اثر خطاهای تصادفی را کم می‌کند.
۶. نمودار نزولی نشان می‌دهد با افزایش متغیر مستقل، متغیر وابسته کاهش می‌یابد.
۷. اگر نتایج آزمایش با فرضیه همخوانی نداشت، فرضیه بلافاصله باطل است.
۸. استفاده از ذره‌بین یا تلسکوپ در مشاهده، به معنای مشاهده غیر علمی است.
۹. نمونه شاهد، نمونه‌ای است که در آن متغیر مستقل تغییر نمی‌کند.
۱۰. نظریه علمی، فرضیه‌ای است که با انجام آزمایش‌های مکرر تأیید شده است.
۱۱. خطای ابزار یکی از سه عامل اصلی تفاوت در نتایج اندازه‌گیری است.
۱۲. متغیر وابسته همان چیزی است که ما در آزمایش اندازه می‌گیریم.

۱۳. رشد گیاه در گلدان بدون نور، بهترین نمونه برای نمونه اصلی است.
۱۴. میانگین‌گیری از داده‌ها به این معناست که پاسخ نهایی ما صددرصد درست است.
۱۵. تنها تفاوت نمونه اصلی و نمونه شاهد باید در متغیر مستقل باشد.
۱۶. در روش علمی، پرسش همیشه پیش از مشاهده مطرح می‌شود.
۱۷. هر چقدر تعداد حواس بیشتری در مشاهده استفاده کنیم، دقت ما بالاتر می‌رود.
۱۸. آزمایش‌های مقایسه‌ای یعنی آزمایش‌هایی که در همه متغیرها با هم فرق دارند.
۱۹. نظریه تا زمانی معتبر است که هیچ آزمایش یا مشاهده جدیدی آن را نقض نکند.
۲۰. گزارش به صورت جدول یا نمودار، مرحله‌بندی نهایی روش علمی محسوب می‌شود.

بخش چهارم: سوالات پاسخ کوتاه (۲۰ سوال)

۱. چرا حذف داده‌های پرت (خیلی بزرگ یا کوچک) قبل از محاسبه میانگین ضروری است؟
۲. اگر در آزمایش رشد گیاه، یک گلدان را در نور شدید و دیگری را در تاریکی مطلق قرار دهیم، متغیر مستقل چیست؟
۳. «تکرار آزمایش» چه تاثیری بر اعتبار نتیجه‌گیری نهایی دارد؟
۴. چرا به یک مرحله از روش علمی، «فرضیه‌سازی» می‌گوییم و نه «حقیقت‌سازی»؟
۵. در مثال سقوط اجسام، چرا باید ارتفاع رها سازی ثابت نگه داشته شود؟
۶. منظور از «نمونه شاهد» در آزمایش مقایسه‌ای چیست؟
۷. آیا مشاهده صرفاً با چشم انجام می‌شود؟ (مثالی بزنید)
۸. بزرگترین تفاوت بین «فرضیه» و «نظریه» چیست؟
۹. در آزمایش «اثر سرعت برخورد بر گودال»، کدام متغیر باید دقیقاً کنترل شود تا نتایج معتبر باشند؟
۱۰. چرا گزارش آزمایش به صورت «نمودار» از گزارش «توصیفی» بهتر است؟
۱۱. اگر آزمایشی غیرقابل تکرار باشد، آیا می‌توان بر اساس آن نظریه علمی بنا کرد؟
۱۲. نقش «پرسش» در تبدیل مشاهده به «تحقیق علمی» چیست؟
۱۳. دو ویژگی اصلی که هر فرضیه علمی باید داشته باشد چیست؟
۱۴. اگر در آزمایش، متغیر مستقل تغییر نکند، چه اتفاقی برای «متغیر وابسته» می‌افتد؟
۱۵. چرا در مثال قورمه‌سبزی، آشپز بودن در کنار استاد، یادگیری را بهتر از تلویزیون می‌کند؟
۱۶. منظور از اینکه «مشاهده علمی باید هدفمند باشد» چیست؟

۱۷. در آزمایشی که نتایج آن کاملاً یکسان است، آیا احتمال خطا وجود ندارد؟ (توضیح کوتاه)
۱۸. چرا دانشمندان نتایج خود را منتشر می‌کنند؟
۱۹. متغیر مستقل در آزمایش ادوارد جنر چه بود؟
۲۰. آیا همیشه نتایج آزمایش به تأیید فرضیه منجر می‌شود؟

سوالات تشریحی

۱. روش علمی را تعریف کنید
۲. مرحله روش علمی را به ترتیب نام ببرید .
۳. یک پرسش خوب چه ویژگی‌هایی دارد؟
۴. تفاوت «مشاهده عادی» با «مشاهده علمی» چیست؟
۵. متغیر مستقل» را با مثال توضیح دهید
۶. فرضیه باید چه ویژگی داشته باشد تا علمی محسوب شود؟
۷. چرا یادداشت‌برداری در هنگام آزمایش ضروری است؟
۸. اگر فرضیه ما در آزمایش رد شد، باید چه کار کنیم؟
۹. یک مثال از زندگی روزمره بزنید که در آن از روش علمی استفاده کرده‌اید.

سوالات تشریحی المپیادی

۱. فرض کنید آزمایشی برای بررسی اثر «نوع خاک» بر «سرعت رشد» انجام داده‌اید. اگر متوجه شوید که گیاهان در خاک‌های مختلف، میزان آب متفاوتی را جذب کرده‌اند، چگونه طراحی آزمایش خود را برای رفع این مشکل نقد و اصلاح می‌کنید؟
۲. در آزمایشی که ادوارد جنر انجام داد، جیمز فیبیس یک کودک بود. از نظر اخلاق علمی و اعتبار آزمایش، آیا استفاده از یک کودک به عنوان نمونه آزمایش قابل دفاع است؟ اگر نه، چه جایگزینی برای آن در متدولوژی علمی امروز وجود دارد؟
۳. چرا گفته می‌شود «نظریه علمی هیچ‌گاه قطعی نیست»؟ آیا این به معنای بی‌اعتبار بودن علم است یا نقطه قوت آن؟ استدلال کنید.
۴. تحلیل کنید: چرا در نمودار «ثابت»، علیرغم تغییر متغیر مستقل، متغیر وابسته تغییر نمی‌کند؟ آیا این به معنای عدم وجود رابطه بین این دو متغیر است یا رابطه دیگری در کار است؟
۵. اگر نتایج یک آزمایش ۱۰ بار تکرار شده و همگی یک عدد ثابت باشند، آیا می‌توان گفت با دقت ۱۰۰٪ به نتیجه رسیده‌ایم؟ خطرات علمی این نتیجه‌گیری چیست؟

۶. «خطای ابزار» و «خطای فردی» را با ذکر مثال در آزمایش اندازه‌گیری قطر دهانه گودال مقایسه کنید. چگونه می‌توان تأثیر هر کدام را به طور جداگانه کم کرد؟

۷. فرض کنید فرضیه‌ای ارائه شده که در شرایط آزمایشگاهی تأیید می‌شود اما در طبیعت (دنیای واقعی) شکست می‌خورد. آیا این فرضیه را باید رد کرد؟ نقش «متغیرهای پنهان» در این تفاوت چیست؟

۸. اگر در آزمایش مقایسه‌ای، نمونه شاهد نداشته باشیم، چگونه متوجه می‌شویم که نتیجه حاصل، اثر متغیر مستقل بوده است نه عوامل محیطی؟ (با یک مثال فرضی توضیح دهید).

۹. آیا می‌توان «مشاهده دقیق» را مقدمه‌ای برای «طرح پرسش‌های اشتباه» دانست؟ با یک مثال از تاریخ علم (مانند نظریه زمین مرکزی) استدلال کنید.

۱۰. طراحی آزمایشی کنید که در آن بیش از یک متغیر مستقل وجود داشته باشد (مثلاً همزمان اثر نور و دما بر رشد). چالش‌های منطقی و ریاضی این طراحی برای تحلیل نتایج چیست؟

سوالات وصل کردنی

مفاهیم ستون سمت راست را به موارد مرتبط در ستون سمت چپ وصل کنید.

ستون (مفهوم)	ستون (توضیح یا ارتباط)
۱. مشاهده	الف) عاملی که توسط آزمایشگر تغییر می‌کند
۲. فرضیه	ب) استفاده از حواس پنج‌گانه برای جمع‌آوری اطلاعات
۳. متغیر مستقل	ج) مرحله‌ای برای بررسی درستی یا نادرستی فرضیه
۴. متغیر وابسته	د) پاسخی احتمالی و موقت برای پرسش
۵. متغیر ثابت	ه) مرحله نهایی و تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده
۶. آزمایش	و) آنچه با تغییر متغیر مستقل تغییر می‌کند
۷. نتیجه‌گیری	ز) عاملی که در کل آزمایش تغییر نمی‌کند
۸. پرسش	ح) ابزاری برای اندازه‌گیری دقیق زمان
۹. زمان سنج	ط) آغازگر تحقیق علمی بر اساس مشاهده
۱۰. جدول ثبت داده‌ها	ی) همیشه به پرسش علمی ختم نمی‌شود
۱۱. نظریه	ک) نمونه‌ای از آزمایش برای بررسی متغیرها
۱۲. حواس پنج‌گانه	ل) باید روشن، منطقی و قابل بررسی باشد
۱۳. تحقیق علمی	م) راهی منظم برای پاسخ به سوالات
۱۴. داده‌ها	ن) مکانی برای یادداشت اطلاعات در آزمایش
۱۵. تکرار آزمایش	س) اطلاعات به‌دست‌آمده از آزمایش
۱۶. پرسش علمی	ع) عاملی برای افزایش دقت و کاهش خطا
۱۷. تحقیق روزمره	ص) ابزار مشاهده علمی
۱۸. فرفره چرخان	ق) حدس علمی که در آزمایش ثابت شده است

پاسخنامه

سوالات تستی

۱. ج (مشاهده دقیق)
۲. د (دقیق و هدفمند باشد)
۳. ب (مشاهده)
۴. ب (اگر شخصی خواب ببیند، فردا باران می‌بارد)
۵. ج (رشد گیاه)
۶. ج (مقایسه و کنترل متغیرها)
۷. ب (قابل آزمایش بودن)
۸. ج (صعودی)
۹. ب (نزولی)
۱۰. ب (تفاوت شدید با بقیه)
۱۱. ج (برای دقت بیشتر)
۱۲. ج (ابزاری)
۱۳. د (همه موارد — در آزمایش عمومی اثر نور/متغیرهای دیگر، خاک و نوع گیاه ثابت‌اند)
۱۴. ج (تحلیل بهتر داده‌ها)
۱۵. ج (پس از تأیید فرضیه با آزمایش‌های مختلف)
۱۶. د (متغیر کنترل)
۱۷. ج (رشد گیاه)
۱۸. ج (فرضیه تأیید شده است)
۱۹. ج (ارتفاع = متغیر مستقل)
۲۰. ب (نور دریافتی)
۲۱. ب (میانگین دقیق‌تری به دست می‌دهد)
۲۲. ب (سطح آن‌ها بیشتر است)
۲۳. ج (قطر گودال)

۲۴. ج (داده‌های ثبت‌شده)

۲۵. الف (خطای ابزار یا انسان)

۲۶. ج (تأثیر آن دقیق بررسی شود)

۲۷. ب (نتیجه‌گیری)

۲۸. ج (ثابت)

۲۹. ج (اگر فرضیه رد شود)

۳۰. ب (متغیر مستقل)

کلید پاسخنامه سوالات چالشی و ترکیبی (۳۱ تا ۴۰):

۳۱. ب (دوباره آزمایش کرد)

۳۲. الف (حذف داده‌های غیرطبیعی)

۳۳. ج (آزمایش)

۳۴. ب (برای آسان‌تر شدن نتیجه‌گیری)

۳۵. ب (آلوده کردن کودک)

۳۶. ج (باطل می‌شود)

۳۷. ب (کاهش متغیرهای ناخواسته)

۳۸. الف (برای تمرکز بر تأثیر سرعت)

۳۹. ب (آن را ثابت یا رد می‌کند)

۴۰. الف (نتیجه‌گیری کرد)

سوالات جای خالی

۱. منظم (یا منطقی)

۲. مشاهده

۳. حواس پنج‌گانه

۴. پرسش (یا مشاهده)

۵. آزمون‌پذیر (یا قابل اندازه‌گیری)

۶. فرضیه

۷. آزمایش (تست)
۸. آزمایش
۹. داده‌ها (مشاهدات و اطلاعات)
۱۰. مستقل
۱۱. تکرار
۱۲. متغیر ثابت (یا متغیر کنترل)
۱۳. نتیجه‌گیری (یا گزارش نتایج)
۱۴. نظریه علمی (یا اصل علمی)
۱۵. ابزارهای علمی (مانند ذره‌بین، میکروسکوپ و...)
۱۶. متغیر
۱۷. شواهد (یا داده‌ها / اطلاعات)
۱۸. اصلاح (بازبینی)
۱۹. پاسخ (یا نتیجه‌گیری)
۲۰. حواس

سوالات پاسخ کوتاه

۱. **نادرست:** داده‌های پرت را اول باید بررسی کنیم؛ شاید ناشی از یک اشتباه ساده یا یک کشف جالب باشند، پس نباید زود حذف شوند.
۲. **درست:** در مشاهده علمی، از قبل هدف مشخصی داریم و می‌دانیم دنبال چه چیزی می‌گردیم.
۳. **نادرست:** متغیری که تغییرش در دست ماست، **متغیر مستقل** است (متغیر کنترل باید ثابت بماند).
۴. **درست:** فرضیه‌ای که نشود آن را با آزمایش سنجید، ارزش علمی ندارد.
۵. **درست:** هرچه آزمایش را بیشتر تکرار کنیم، خطاها کمتر شده و دقت کار بالا می‌رود.
۶. **درست:** در نمودار نزولی، با زیاد شدن متغیر اول، متغیر دوم کم می‌شود.
۷. **نادرست:** اول آزمایش را دوباره چک و تکرار می‌کنیم؛ اگر باز هم نشد، فرضیه را اصلاح می‌کنیم.

۸. نادرست: این ابزارها حواس ما را قوی‌تر می‌کنند و مشاهده را علمی‌تر و دقیق‌تر می‌سازند.
۹. درست: نمونه شاهد نمونه‌ای دست‌نخورده در شرایط عادی است تا بقیه را با آن مقایسه کنیم.
۱۰. درست: وقتی فرضیه‌ای بارها با آزمایش‌های مختلف تایید شود، تبدیل به نظریه می‌شود.
۱۱. درست: ابزار نامناسب یکی از دلایل اصلی اشتباه در اندازه‌گیری است.
۱۲. درست: متغیر وابسته، همان نتیجه یا اثری است که در طول آزمایش اندازه می‌گیریم.
۱۳. نادرست: گلدان در شرایط طبیعی (با نور) نمونه است؛ گلدان بدون نور نمونه آزمایشی است.
۱۴. نادرست: میانگین‌گیری خطا را کم می‌کند، ولی نتیجه هیچ‌وقت صددرصد و کاملاً بی‌نقص نیست.
۱۵. درست: برای یک آزمایش عادلانه، فقط و فقط باید یک چیز (متغیر مستقل) بین دو نمونه فرق کند.
۱۶. نادرست: روش علمی اول با مشاهده و دیدن یک پدیده شروع می‌شود و بعد از آن پرسش شکل می‌گیرد.
۱۷. درست: استفاده از حواس مختلف در کنار هم، اطلاعات دقیق‌تری به ما می‌دهد.
۱۸. نادرست: در آزمایش مقایسه‌ای فقط یک متغیر باید تغییر کند، نه همه متغیرها.
۱۹. درست: در علم هر زمان شواهد و آزمایش جدیدی یک نظریه را رد کند، آن نظریه تغییر می‌کند.
۲۰. نادرست: جدول و نمودار برای دسته‌بندی اطلاعات است؛ مراحل نهایی نتیجه‌گیری و گزارش کار است.

سوالات تشریحی

۱. روش علمی چیست؟
روش علمی، یک مسیر منظم و منطقی است که دانشمندان برای پاسخ دادن به پرسش‌ها و حل مسائل دنیای اطراف خود از آن استفاده می‌کنند.
۲. مراحل روش علمی به ترتیب:
 ۱. مشاهده (دقت به پدیده‌ها با حواس پنج‌گانه)
 ۲. طرح پرسش (ایجاد سوال درباره پدیده)
 ۳. جمع‌آوری اطلاعات (تحقیق، مطالعه و پرس‌وجو)

۴. فرضیه‌سازی (ارائه پاسخ احتمالی و حدس منطقی)
۵. طراحی و انجام آزمایش (سنجش فرضیه با کنترل متغیرها)
۶. ثبت و تحلیل داده‌ها (رسم جدول و نمودار)
۷. نتیجه‌گیری و گزارش (تأیید یا رد فرضیه و اشتراک نتایج)
۳. ویژگی‌های یک پرسش خوب و علمی:
 - دقیق و مشخص باشد (کلی و مبهم نباشد).
 - قابل آزمایش و اندازه‌گیری باشد.
 - با کلماتی مثل «چرا»، «چگونه» یا «چه تاثیری دارد» شروع شود و پاسخش فقط «بله/خیر» ساده نباشد.
۴. تفاوت «مشاهده عادی» با «مشاهده علمی»:
 - مشاهده عادی: نگاه کردن گذرا و سطحی بدون هدف و بدون ثبت اطلاعات است.
 - مشاهده علمی: نگاه هدفمند، دقیق و با استفاده از تمام حواس و ابزارهای کمکی (مانند خطکش و ذره‌بین) همراه با یادداشت‌برداری است.
۵. متغیر مستقل (با مثال):

عاملی است که آزمایش‌کننده آن را عمداً تغییر می‌دهد تا اثرش را بر پدیده ببیند.

 - مثال: در آزمایش «اثر مقدار نور بر رشد گیاه»، مقدار نوری که به هر گلدان می‌دهیم متغیر مستقل است.
۶. ویژگی‌های فرضیه علمی:
 - قابل آزمایش و اندازه‌گیری باشد (بتوان با آزمایش درستی یا نادرستی آن را سنجید).
 - منطقی و مستدل باشد (بر اساس اطلاعات و مشاهدات اولیه باشد، نه خیال‌پردازی).
۷. علت ضرورت یادداشت‌برداری هنگام آزمایش:
 - برای اینکه جزئیات و داده‌های عددی فراموش یا تحریف نشوند.
 - تکرار آزمایش برای دیگران ممکن باشد و تحلیل نتایج با دقت و بدون خطا انجام گیرد.
۸. در صورت رد شدن فرضیه در آزمایش:

ابتدا آزمایش را دوباره تکرار و بررسی می‌کنیم تا از نبود خطای آزمایش مطمئن شویم. اگر باز هم رد شد، ناامید نمی‌شویم؛ بلکه فرضیه جدیدی طراحی کرده و آزمایش دیگری را انجام می‌دهیم.

۹. مثال روزمره از روش علمی:

- مشاهده: تلویزیون با کنترل روشن نمی‌شود.
 - پرسش: چرا تلویزیون روشن نمی‌شود؟
 - فرضیه: شاید باتری‌های کنترل تمام شده‌اند.
 - آزمایش: باتری‌های کنترل را با دو باتری نو و سالم تعویض می‌کنیم.
 - نتیجه‌گیری: تلویزیون روشن شد؛ پس فرضیه درست بود و مشکل از باتری بود.
- پاسخ‌های تحلیلی، عمیق و در عین حال روان و خلاصه (متناسب با درک دانش‌آموز تیزهوش ششم):

سوالات تشریحی المپیادی

۱. نقد و اصلاح آزمایش خاک و رشد گیاه

نقد: چون نوع خاک‌ها فرق دارد، مقدار نگهداری آب در آن‌ها هم متفاوت است؛ پس به یک اندازه آب دادن باعث می‌شود یکی تشنه بماند و دیگری غرقاب شود (آب متغیر کنترل نشده است).

اصلاح: معیار را به جای «حجم آب ورودی»، روی «میزان رطوبت خاک» می‌گذاریم؛ یعنی با رطوبت‌سنج خاک، رطوبت همه گلدان‌ها را همیشه در یک حد ثابت نگه می‌داریم.

۲. آزمایش ادوارد جنر و اخلاق علمی

دیدگاه: خیر، استفاده از کودک به دلیل نداشتن قدرت تصمیم‌گیری و خطر جانی، از نظر اخلاق علمی امروزی کاملاً غیرقابل دفاع و ممنوع است.

جایگزین امروزی:

(۱) آزمایش روی سلول‌ها و بافت‌های آزمایشگاهی

(۲) مدل‌های شبیه‌سازی رایانه‌ای

(۳) آزمایش مرحله‌به‌مرحله روی داوطلبان بزرگسال با رضایت کامل.

۳. قطعی نبودن نظریه علمی

استدلال: این ویژگی بزرگ‌ترین نقطه قوت علم است، نه ضعف آن؛ زیرا نشان می‌دهد علم زنده و پویاست و با ساخت ابزارهای دقیق‌تر در آینده، همواره اصلاح شده و به حقیقت نزدیک‌تر می‌شود.

۴. نمودار خط صاف و بدون تغییر (ثابت)

تحلیل: دو حالت دارد:

۱. این دو متغیر واقعاً هیچ ارتباطی به هم ندارند.

۲. ممکن است به نقطه اشباع رسیده باشیم (مثلاً نور را زیاد می‌کنیم، اما چون گیاه دی‌اکسید کربن کافی ندارد، رشدش دیگر بیشتر نمی‌شود و ثابت می‌ماند).

۵. یکسان بودن نتایج در ۱۰ بار تکرار

تحلیل: خیر، دقت ۱۰۰٪ وجود ندارد.

خطر علمی: ممکن است یک «خطای سیستمی پنهان» (مثل خراب بودن همیشگی ترازوی آزمایش یا صفر نبودن خطکش) وجود داشته باشد که در تمام ۱۰ بار آزمایش تکرار شده و ما را به اشتباه بیندازد.

۶. خطای ابزار در برابر خطای فردی (گودال شهاب‌سنگ/تبله)

خطای ابزار: خطکش خمیده یا ساییده‌شده باشد.

راه حل: تعویض یا تنظیم کردن ابزار با ابزار استاندارد.

خطای فردی: زاویه نامناسب نگاه کردن به خطکش (خطای دید).

راه حل: نگاه مستقیم و عمود به خطکش و اندازه‌گیری توسط چند نفر مختلف.

۷. تفاوت آزمایشگاه و طبیعت (متغیرهای پنهان)

تحلیل: فرضیه فوراً رد نمی‌شود. در طبیعت عواملی مثل باد، آفت‌ها و تغییرات شدید دما وجود دارند که در آزمایشگاه کنترل شده بودند (متغیرهای پنهان). فرضیه باید با اضافه کردن این متغیرها کامل‌تر شود.

۸. اهمیت نمونه شاهد

تحلیل: بدون نمونه شاهد نمی‌توان نتیجه گرفت.

مثال: اگر به یک گل‌دان داروی رشد بدهیم و رشد کند، شاید دلیلش هوای خوب فصل بهار بوده نه دارو! نمونه شاهد (گل‌دان بدون دارو در همان اتاق) نشان می‌دهد که هوای اتاق چقدر اثر داشته است.

۹. مشاهده دقیق و پرسش اشتباه (زمین‌مرکزی)

استدلال: بله؛ انسان‌ها با چشم خود به دقت می‌دیدند که خورشید هر روز طلوع و غروب می‌کند (مشاهده دقیق)، اما چون متوجه چرخش خود زمین زیر پایشان نبودند، پرسش اشتباه مطرح کردند: «چرا خورشید به دور زمین می‌چرخد؟».

۱۰. آزمایش با دو متغیر مستقل (نور و دما)

طراحی: ۴ گروه گیاه درست می‌کنیم:

۱. نور زیاد + دمای بالا

۲. نور زیاد + دمای پایین

۳. نور کم + دمای بالا

۴. نور کم + دمای پایین

چالش منطقی: اگر گیاه رشد کرد، سخت است بفهمیم این رشد به خاطر گرمای هوا بوده، نور زیاد، یا اثر ترکیبی و هم‌افزایی هر دو با هم.

کلید اتصال (پاسخ نهایی):

۱. مشاهده (ب) استفاده از حواس پنج‌گانه برای جمع‌آوری اطلاعات
۲. فرضیه (د) پاسخی احتمالی و موقت برای پرسش
۳. متغیر مستقل (الف) عاملی که توسط آزمایشگر تغییر می‌کند
۴. متغیر وابسته (و) آنچه با تغییر متغیر مستقل تغییر می‌کند
۵. متغیر ثابت (ز) عاملی که در کل آزمایش تغییر نمی‌کند
۶. آزمایش (ج) مرحله‌ای برای بررسی درستی یا نادرستی فرضیه
۷. نتیجه‌گیری (هـ) مرحله نهایی و تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده
۸. پرسش (ط) آغازگر تحقیق علمی بر اساس مشاهده
۹. زمان‌سنج (ح) ابزاری برای اندازه‌گیری دقیق زمان
۱۰. جدول ثبت داده‌ها (ن) مکانی برای یادداشت اطلاعات در آزمایش
۱۱. نظریه (ق) حدس علمی که در آزمایش ثابت شده است
۱۲. حواس پنج‌گانه (ص) ابزار مشاهده علمی
۱۳. تحقیق علمی (م) راهی منظم برای پاسخ به سوالات
۱۴. داده‌ها (س) اطلاعات به‌دست‌آمده از آزمایش
۱۵. تکرار آزمایش (ع) عاملی برای افزایش دقت و کاهش خطا
۱۶. پرسش علمی (ل) باید روشن، منطقی و قابل بررسی باشد
۱۷. تحقیق روزمره (ی) همیشه به پرسش علمی ختم نمی‌شود
۱۸. فرفره چرخان (ک) نمونه‌ای از آزمایش برای بررسی متغیرها

پایان