Ministry of Education
Islamic Republic of IRAN

ISSN: 1235-1735

Journal of
Educational Innovations

Organization for Educational Research and Planning

The effect of misunderstandings of chemistry concepts on the teaching of biology topics in the second cycle of secondary school

■ A'zam Gholāmi (PhD), Assistant Professor, Department of Biology Education, Farhangiān University, Tehran, Iran, (Corresponding Author).
Email: a.gholami@cfu.ac.ir

■ Atiye Mahābādi, MA Student, Department of Biology Education, Farhangiān University, Tehran, Iran.
Email: atiyemahabadi73@gmail.com

Abstract

The current research was qualitative and it was done with the aim of investigating the effect of misunderstandings of chemistry concepts on the teaching of second cycle secondary school biology subjects. The research sample was selected using simple random sampling. The research population consisted of all experimental science 12th grade female students in Javādābād district of Tehran province in the academic year of 1400-1401. A sample of 37 students from two schools was selected to answer the questions of the questionnaire. The questionnaire included 10 biology questions related to the chemistry concepts which was designed based on the information obtained from the interview with biology and chemistry teachers. In this interview, the chemistry teachers pointed out the concepts in which the students often have misunderstandings and biology teachers determined the topics that are closely related to the chemistry concepts and a misunderstanding in them disrupts the education. After checking the students' answers, they were asked in an interview to explain their answers to reveal their understanding and perception and the reason behind forming wrong perception in their minds. Then, the students' common misunderstandings and the reasons behind them were investigated. The results showed that the main cause of students' misunderstanding in some biology topics is the misunderstanding in their prerequisite chemistry concepts. Finally, solutions were provided to resolve these misunderstandings.

Keywords Misunderstanding, Chemistry, Biology Education, Learning

Serial No.91. 23(3): Autumn. 2024
Journal of Educational Innovations
Published by Organization for Educational Research and Planning

Copyright © The Authors.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

۱۴۷-۱۷۲

تأثیر کج‌فهمی‌های مفاهیم شیمی در آموزش مباحث زیست‌شناسی دورهٔ دوم متوسطه

اعظم غلامی* عطیه مهابادی**

چکیده:

پژوهش حاضر پژوهشی کیفی است که با هدف بررسی تأثیر کج‌فهمی‌های مفاهیم شیمی در آموزش مباحث زیست‌شناسی متوسطهٔ دوم انجام شده است. نمونه‌گیری در این پژوهش به‌صورت تصادفی ساده است. جامعهٔ آماری پژوهش را همهٔ دانش‌آموزان دختر پایهٔ دوازدهم تجربی منطقهٔ جوادآباد استان تهران در سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ تشکیل می‌دهند. نمونه‌ای شامل ۳۷ دانش‌آموز از دو مدرسهٔ متوسطهٔ دوم برای پاسخ‌گویی به سؤال‌های پرسش‌نامه انتخاب شدند. پرسش‌نامه شامل ۱۰ سؤال زیست‌شناسی مرتبط با مفاهیم شیمی بود که براساس اطلاعات به‌دست‌آمده از مصاحبه با دبیران زیست‌شناسی و شیمی طراحی شده بود. در این مصاحبه دبیران شیمی به مفاهیمی که دانش‌آموزان بیشتر در آن‌ها دچار کج‌فهمی می‌شوند اشاره کردند و دبیران زیست‌شناسی مباحثی را که ارتباط تنگاتنگی با مفاهیم شیمی دارند و کج‌فهمی در آن‌ها آموزش را دچار اختلال می‌کند مشخص کردند. بعد از بررسی پاسخ‌های دانش‌آموزان در مصاحبه‌ای از آن‌ها خواسته شد درخصوص پاسخ‌های خود توضیح دهند تا درک و برداشت آنان و چرایی شکل‌گیری برداشت غلط در ذهن دانش‌آموزان مشخص شود. سپس به بررسی کج‌فهمی‌های رایج دانش‌آموزان و دلایل ایجاد این کج‌فهمی‌ها پرداخته شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد علت اصلی کج‌فهمی دانش‌آموزان در بعضی از مباحث زیست‌شناسی وجود کج‌فهمی در مفاهیم شیمی پیش‌نیاز آن‌هاست. درنهایت راهکارهایی برای رفع این کج‌فهمی‌ها پیشنهاد شده است.

کلید واژه‌ها: کج‌فهمی، شیمی، آموزش زیست‌شناسی، یادگیری

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۴/۲۰ تاریخ شروع بررسی: ۱۴۰۲/۵/۲۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۸/۳۰

* (نویسندهٔ مسئول) استادیار، گروه آموزش زیست‌شناسی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران ..... E-mail: A.gholami@cfu.ac.ir

** دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه آموزش زیست‌شناسی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران ..... E-mail: atiyemahabadi73@gmail.com

مقدمه

دانش‌آموزان قبل از ورود به کلاس درس فرصت‌های بسیاری دارند تا دربارهٔ دنیای پیرامون خود و انواع پدیده‌های علمی تصورات و الگوهای ذهنی گوناگون بسازند. در بیشتر اوقات، تصورات دانش‌آموزان دربارهٔ برخی مفاهیم و پدیده‌های علمی مخالف نظریه‌های علمی پذیرفته‌شده است. پژوهشگران در توصیف این تصورات نادرست علمی واژه‌های گوناگونی مانند کج‌اندیشی، کج‌فهمی، تصورات خام، تصورات بدیل، یا پیش‌تصورات را به کار می‌برند (آلن[1]، ۲۰۱۰). بسیاری از تصورات ذهنی دانش‌آموزان که در نتیجهٔ تجربه‌های روزانه و مشاهدهٔ پدیده‌های علمی ایجاد می‌شوند می‌توانند پیش‌تصور یا یادگیری پیشین در نظر گرفته شوند و در فرایندهای یاددهی ـ یادگیری تأثیرگذار باشند. تصورات بدیل و غیرعلمی دانش‌آموزان از عوامل مهمی است که در تداوم یادگیری در پایه‌های بالاتر نیز تأثیر منفی می‌گذارند (گونن و کوکاکایا[2]، ۲۰۱۰).

شیمی علمی است که به مطالعه و بررسی ساختار، خواص، ترکیبات و تغییر شکل مواد می‌پردازد. این علم به عناصر شیمیایی و ترکیبات شیمیایی مربوط می‌شود که شامل اتم‌ها، مولکول‌ها و برهم‌کنش میان آن‌هاست. دانشی که خواص ماده، چگونگی تغییرات و شیوهٔ تولید آن‌ها از هستهٔ اتم گرفته تا کهکشان‌ها را بررسی می‌کند. بررسی‌ها نشان از رابطهٔ شیمی با علومی چون زیست‌شناسی و فیزیک دارد. بنابراین هرگونه کج‌فهمی در ارتباط با شیمی می‌تواند در یادگیری درس‌هایی چون فیزیک و زیست‌شناسی تأثیر بگذارد. درحقیقت دانش‌آموزان با انبوهی از عقیده‌ها و تصورهای ذهنی، تجربه‌های پیشین، درک اولیهٔ پیچیده یا ساده، ارزش‌های فرهنگی، اجتماعی و ... وارد محیط آموزشی می‌شوند و دانشی که باید به آن‌ها انتقال پیدا کند را کسب نمی‌کنند، بلکه آن را متناسب با رشد ذهنی و دانسته‌های پیشین خود می‌سازند (بدریان، ۱۳۹۵).

شناسایی کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان اغلب دشوار است؛ زیرا همهٔ آن‌ها دارای پیش‌زمینه‌های مختلفی هستند و سطوح متفاوتی از توانایی‌های شناختی را دارند. عوامل زیادی می‌توانند باعث بروز کج‌فهمی در دانش‌آموزان شوند ازجمله: تجربه‌های گذشتهٔ دانش‌آموزان، توجه‌نکردن به واژگان استفاده‌شده در کلاس، روش‌های تدریس، استفادهٔ مشترک از برخی اصطلاحات در زبان‌های علمی و غیرعلمی، متن و تصویرهای کتاب‌های درسی و... بنابراین انتقال دانش به‌صورت مستقیم به یادگیری منجر نمی‌شود بلکه خود دانش‌آموز دانش را به‌صورت سازمان‌یافته در ساخت شناختی خود ایجاد می‌کند (بونتین[3] و همکاران، ۲۰۲۰).

تحقیقات نشان می‌دهند دانش‌آموزان در بعضی از مفاهیم شیمی ازجمله پیوند شیمیایی، واکنش‌های شیمیایی، ساختار مادّه، یون‌ها، تغییرات حالت مواد (فیزیکی و شیمیایی) و مباحث پایداری مواد کج‌فهمی دارند. بنابراین نه‌تنها پی‌بردن به کج‌فهمی دانش‌آموزان از مفاهیم شیمی امری ضروری است، بلکه تغییر دیدگاه آن‌ها چالش اصلی معلمان نیز هست (خدایی و عظمت، ۱۳۹۹).

ازسوی‌دیگر، شناخت ماهیت پدیده‌های زیستی و ساختار شیمیایی مادهٔ زنده مستلزم دانشی است که بتواند پاسخ‌گوی همهٔ پرسش‌ها و ابهام‌ها در این زمینه باشد. دانش بیوشیمی (زیست‌شیمی) دانشی دربارهٔ شـــیمیِ زیستی است و امروزه با پیشرفت چشـــمگیر و گسترش وسیع خود از ارکان اصلی علوم زیســـتی به شمار می‌آید. برای همین بیوشیمی دانشی چندجانبه اســـت که اصول پایه را از سه دانش زیست‌شناســـی، شیمی و ریاضی اخذ می‌کند تا به‌صورت دانشی کامل درآید. زیست‌شیمی یا بیوشیمی مطالعهٔ فرایندهای شیمیایی در سازواره‌های زیستی است. زیست‌شیمی با ساختار و عملکرد اجزاء سلولی مثل پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، نوکلئیک‌اســـیدها و انواع دیگر زیست مولکول‌ها سروکار دارد. دانش زیست‌شیمی که در آن از روش‌های شیمی‌دانان برای درک و شناخت فرایندهای فناوری زیستی که درون موجودات زنده روی می‌دهد اســـتفاده می‌شود دارای اهمیت روزافزونی است. همهٔ موجودات زنده از ترکیبات شیمیایی ساخته شده‌اند و وظیفهٔ زیست‌شیمی‌دان‌هاست که ساختمان این مواد و نقش آن‌ها را در حیات موجودات زنده بررســـی و شناسایی کنند. کربوهیدرات‌ها، لیپیدها و نوکلئیک‌اسیدها فقط تعدادی از مولکول‌های شـــیمیایی هستند که موضوع مطالعهٔ زیست‌شیمی‌دان‌ها به شمار می‌آیند. نتایج این مطالعات برای تولید واکســـن‌های مقابله‌کننده با بیماری‌های ویروسی و درمان بیماری‌هایی چون ایدز و سرطان کاربرد دارد (بدریان، ۱۳۹۵).

همچنین مطالعات نشـــان می‌دهند دانش‌آموزان در بعضی از مفاهیم زیست‌شناسی کج‌فهمی‌هایی دارند. عوامل مختلفی را می‌توان منشـــأ کج‌فهمی‌ها دانســـت. تجربه‌ها و پیش‌آموخته‌های دانش‌آموزان در ســـال‌های گذشـــته، انتزاعی‌بودن مفاهیم و متناســـب‌نبودن محتوای علمی ارائه‌شده با سطح رشد شناختی دانش‌آموز، سازمان‌دهی نامناسب محتوای آموزشی بدون رعایت پیش‌نیازها و ارتباطات طولی و عرضی نامناســـب همگی از عوامل بروز کج‌فهمی در دانش‌آموزان هستند. بررسی منشأ کج‌فهمی‌ها و شیوه‌های اصلاح آن‌ها نیازمند پژوهش‌های جداگانه‌ای است. بدون شک تجربه‌ها و آموخته‌های پیشین دانش‌آموزان، شیوهٔ تدریس آموزگاران و همچنین سازمان‌دهی نامناسب محتوای آموزشی در کتاب‌های درســـی سه منبع عمدهٔ بروز کج‌فهمی هســـتند. کج‌فهمی‌ها لزوماً عبارت‌های نادرستی نیستند. گاهی مفاهیم یک عبارت صحیح هستند اما ارتباط صحیحی بین آن‌ها شکل نگرفته است و دانش‌آموزان این ارتباط نادرســـت را صحیح می‌دانند و تلاشی برای تغییر آن‌ها نمی‌کنند. به همین خاطر ممکن است تا سال‌ها مفاهیم در ذهن یادگیرنده با ارتباط غلط باقی بماند. از طرفی دیگر، خلاصه‌گویی و کلی‌گویی در مقاطع تحصیلی قبلی دانش‌آموزان زمینه و مقدمهٔ بروز کج‌فهمی ازطریق ایجاد خلأ و نبود ارتباط آشکار بین اجزاء است (همتی، ۱۳۹۶؛ بدریان و عبدی نژاد، ۱۳۹۲؛ شکرباغانی، ۱۳۹۴؛ بدریان، ۱۳۹۵؛ عبدالله میرزایی و همکاران، ۱۳۹۴؛ غلامی و آذرهمایون، ۱۳۹۹).

انتخاب محتوا یکی از مهم‌ترین و پیچیده‌ترین مراحل برنامه‌ریزی درســـی است؛ زیرا بدون محتوای آموزشی و وجود مطالبی برای انتقال و یادگیری اساساً آموزش بی‌معنا و مفهوم است؛ بنابراین برنامه‌ریزان

درسی باید نهایت توجه و دقت لازم را در تهیه و تدوین محتوای درسی داشته باشند (بدریان، ۱۳۹۵). ازاین‌رو، باتوجه‌به جدیدالتألیف‌بودن کتاب‌های دورهٔ دوم متوسطه و ناکافی‌بودن پژوهش‌ها درخصوص ارتباط محتوایی زیست‌شناسی و شیمی این دوره، در پژوهش حاضر تأثیر کج‌فهمی‌های مفاهیم شیمی پرکاربرد در کتاب‌های زیست‌شناسی پایه‌های دهم تا دوازدهم در آموزش زیست‌شناسی بررسی شده است.

روش پژوهش

روش پژوهش کیفی است و از ابزارهای متنوعی برای جمع‌آوری داده‌ها استفاده شده است. از این ابزارها می‌توان به سؤال‌هایی با پاسخ باز، سؤال‌های انشایی، مصاحبه با دبیران زیست‌شناسی و شیمی، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با دانش‌آموزان و ارائهٔ پرسش‌نامه اشاره کرد.

جامعهٔ آماری پژوهش شامل همهٔ دانش‌آموزان دختر پایهٔ دوازدهم تجربی منطقهٔ جوادآباد استان تهران در سال تحصیلی ۱۴۰۰ ـ ۱۴۰۱ بود و نمونه‌ای شامل ۳۷ دانش‌آموز از دو مدرسهٔ متوسطهٔ دوم به سؤال‌های پرسش‌نامه پاسخ دادند. همچنین از مواد درسی کتاب‌های شیمی و زیست‌شناسی دورهٔ دوم متوسطه چاپ ۱۴۰۰ در این پژوهش استفاده شده است.

مراحل انجام پژوهش

مرحلهٔ اول: به منظور جمع‌آوری اطلاعات دربارهٔ موضوع پژوهش ابتدا مفاهیم شیمی پرکاربرد از کتاب‌های زیست‌شناسی دورهٔ دوم متوسطه (پایه‌های دهم، یازدهم و دوازدهم) استخراج شد. باتوجه‌به رابطهٔ طولی و عرضی کتاب‌های درسی و همچنین اهمیت پیش‌دانسته‌ها در فرایند آموزش انتظار می‌رود این مفاهیم در پایه‌های تحصیلی قبلی و یا در همان پایهٔ تحصیلی قبل از کاربرد مفهوم موردنظر در درس زیست‌شناسی آموزش داده شده باشند. لذا نبود ارتباط‌های طولی و عرضی کتاب‌های درسی شیمی و زیست‌شناسی یکی از زمینه‌های ایجاد کج‌فهمی است که در مباحث بعدی به آن پرداخته شده است.

جدول ۱. مفاهیم شیمی پرکاربرد در کتاب زیست‌شناسی ۱

فصل	عنوان	مفهوم شیمی
۱	دنیای زنده	• پیوند شیمیایی، واکنش پلیمری‌شدن، اسمز، فشار، ساختار سه‌بعدی مولکول‌ها، شکل و فرمول شیمیایی مولکول‌ها، ترکیبات آلی
۲	گوارش و جذب مواد	• پیوند شیمیایی، واکنش پلیمری‌شدن، شناساگرها، یون‌ها، چگالی، گروه عاملی، pH
۳	تبادلات گازی	• واکنش شیمیایی، خواص آب (کشش سطحی)، خواص گازها، فشار، معادله‌های شیمیایی، اسیدها، pH
۴	گردش مواد در بدن	• فشار، یون‌ها، pH

جدول ۱. (ادامه)

فصل	عنوان	مفهوم شیمی
۵	**تنظیم اسمزی و دفع مواد زائد**	• یون‌ها، فشار، اسیدها، pH
۶	**از یاخته تا گیاه**	• فشار، گروه‌های عاملی، ترکیبات آلی، pH
۷	**جذب و انتقال مواد در گیاهان**	• یون‌ها، فشار، خواص آب (هم‌چسبی و دگرچسبی)، خاصیت مویینگی، ترکیبات آلی

جدول ۲. مفاهیم شیمی پرکاربرد در کتاب زیست‌شناسی۲

دبیران زیست‌شناسی در مصاحبه خود بیان کردند مباحث کتاب زیست‌شناسی پایهٔ یازدهم نسبت به پایهٔ دهم و دوازدهم ارتباط خیلی کمتری با مفاهیم شیمی دارد و در روند آموزش اختلالی ایجاد نمی‌کند.

جدول ۳. مفاهیم شیمی پرکاربرد در کتاب زیست‌شناسی۳

فصل	عنوان	مفهوم شیمی
۱	**مولکول‌های وراثتی**	• پیوند و فرمول شیمیایی و ساختاری مولکول‌ها، شکل و ساختار فضایی، گروه‌های عاملی، چگالی، ایزوتوپ‌ها،pH، نمودارها و سرعت واکنش، محدودکننده‌ها در واکنش شیمیایی
۲	**جریان اطلاعات یاخته**	• پیوند شیمیایی، ساختارهای فضایی
۳	**انتقال اطلاعات در نسل‌ها**	• مباحث این فصل ارتباط چندانی با مفاهیم شیمی ندارد.
۴	**تغییر در اطلاعات وراثتی**	• پیوند شیمیایی، ساختارهای فضایی
۵	**از ماده به انرژی**	• پیوند و واکنش شیمیایی، اکسایش-کاهش، فرمول ساختاری، یون‌ها، رادیکال‌های آزاد
۶	**از انرژی به ماده**	• پیوند شیمیایی، واکنش شیمیایی، اکسایش، کاهش، فرمول ساختاری مولکول‌ها، یون‌ها، نمودارها و سرعت واکنش، اسیدها
۷	**فناوری‌های نوین زیستی**	• پیوند شیمیایی، گروه عاملی
۸	**رفتارهای جانوران**	• مباحث این فصل ارتباط چندانی با مفاهیم شیمی ندارد.

◆ **مرحلهٔ دوم:** در این مرحله لیست تهیه‌شدهٔ مربوط به مفاهیم شیمی پرکاربرد در کتاب‌های زیست‌شناسی متوسطهٔ دوم در اختیار ۸ دبیر شیمی باتجربه قرار داده شد تا مواردی که دانش‌آموزان در آن‌ها دچار کج‌فهمی می‌شوند را مشخص کنند. همچنین با بررسی اسناد علمی (کتاب‌ها و مقاله‌های معتبر) درستی گزارش و دقت دبیران شیمی در معرفی مفاهیم شیمی تأیید شد. سپس به‌طور دقیق مباحث مرتبط با مفاهیم مذکور از کتاب‌های زیست‌شناسی متوسطهٔ دوم استخراج شد.

جدول ۴. مفاهیم شیمی که دانش‌آموزان در آن دچار کج‌فهمی می‌شوند و مباحث مرتبط با آن در کتاب‌های زیست‌شناسی

مفهوم	مبحث
پیوندشیمیایی	• گوارش کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و تری‌گلیسیریدها (پایهٔ دهم فصل ۲) • پیوند فسفودی‌استر (پایهٔ دوازدهم فصل ۱) • پیوند هیدروژنی در ساختار نوکلئیک‌اسیدها (پایهٔ دوازدهم فصل ۱) • پیوند پپتیدی بین آمینواسیدها و تشکیل پلی پپتید (پایهٔ دوازدهم فصل ۲) • پیوند هیدروژنی در تشکیل ساختارهای مارپیچ و صفحه‌ای در پروتئین‌ها (پایهٔ دوازدهم فصل ۲) • پیوندهای هیدروژنی، یونی و اشتراکی در ساختار سوم پروتئین‌ها (پایهٔ دوازدهم فصل ۲)
pH	• شیرهٔ معده، شیرهٔ روده و شیرهٔ لوزالمعده (پایهٔ دهم فصل ۲) • ترشح در فرایند تشکیل ادرار (پایهٔ دهم فصل ۵) • pH بهینه برای فعالیت آنزیم‌ها (پایهٔ دوازدهم فصل۱)
چگالی	• لیپوپروتئین‌ها (پایهٔ دهم فصل ۲) • جداسازی بخش‌های خون به‌وسیلهٔ سانتریفیوژ (پایهٔ دهم فصل ۴) • آزمایش استال و مزلسون (پایهٔ دوازدهم فصل ۱)
واکنش‌های شیمیایی	• حمل گازها در خون (پایهٔ دهم فصل ۳) • واکنش‌های سنتز آب‌دهی و هیدرولیز (پایهٔ دهم فصل۱) و (پایهٔ دوازدهم فصل۱) • مبحث واکنش تنفس یاخته‌ای (پایهٔ دوازدهم فصل ۵) • تشکیل آب در زنجیرهٔ انتقال الکترون در غشای میتوکندری (پایهٔ دوازدهم فصل۵) • واکنش کلی فتوسنتز (پایهٔ دوازدهم فصل ۶) • واکنش تجزیهٔ آب در زنجیرهٔ انتقال الکترون در واکنش‌های نوری فتوسنتز (پایهٔ دوازدهم فصل ۶) • واکنش فتوسنتز در باکتری‌های گوگردی (پایهٔ دوازدهم فصل ۶)
گروه‌های عاملی	• گروه‌های عاملی استری، فسفواستر و فسفودی‌استر در پیوند فسفودی‌استر (پایهٔ دوازدهم فصل ۱) • گروه‌های عاملی هیدروکسیل و گروه فسفات در ساختار نوکلئوتیدها (پایهٔ دوازدهم فصل ۱) • مبحث گروه‌های عاملی آمین و کربوکسیل در ساختار آمینواسیدها (پایهٔ دوازدهم فصل ۲)
ایزوتوپ‌ها	• آزمایش استال و مزلسون (پایهٔ دوازدهم فصل ۱)
ساختارهای فضایی	• ساختار سه‌بعدی پروتئین‌ها (پایهٔ دوازدهم فصل ۱) • ساختار کانال‌های دریچه‌دار و پمپ سدیم پتاسیم در غشای یاخته‌های عصبی (پایهٔ یازدهم فصل ۱) • ساختار پروتئین‌ها اکتین و میوزین و حرکت لغزشی آن‌ها حین انقباض ماهیچه (پایهٔ یازدهم فصل ۳) • مبحث اتصال آنتی‌ژن‌ها به گیرنده‌ها (پایهٔ دوازدهم فصل ۳) • ساختار آنزیم‌ها و چگونگی اتصال پیش‌ماده به جایگاه فعال (پایهٔ دوازدهم فصل ۱) • ساخته‌شدن ATP در سطح پیش‌ماده (پایهٔ دوازدهم فصل ۵)

جدول ۴. (ادامه)

مفهوم	مبحث
محدودکننده‌ها	• مبحث تأثیر غلظت آنزیم و پیش‌ماده بر سرعت واکنش‌ها (پایهٔ دوازدهم فصل۲)
فرمول شیمیایی و ساختاری مولکول‌ها	• مبحث انواع نوکلئوتیدها (پایهٔ دوازدهم فصل ۱) • بازهای آلی نیتروژن‌دار (پایهٔ دوازدهم فصل ۱) • تبدیل ATP و ADP به یکدیگر (پایهٔ دوازدهم فصل۱) • مبحث منوساکاریدها، فسفولیپیدها و آمینواسیدها (زیست پایهٔ دهم فصل ۱) • تخمیر الکلی و تخمیر لاستیکی (زیست پایهٔ دوازدهم فصل ۵)
اکسایش و کاهش	• مبحث تبدیل NAD^+ و NADH به یکدیگر در مرحلهٔ قندکافت، اکسایش پیرووات و چرخهٔ کربس در واکنش تنفس یاخته‌ای (پایهٔ دوازدهم فصل ۵) • تبدیل FAD به $FADH_2$ در مرحلهٔ چرخهٔ کربس در واکنش تنفس یاخته‌ای (پایهٔ دوازدهم فصل ۵) • تبدیل $NADP^+$ به NADPH در واکنش‌های تیلاکوئیدی (پایهٔ دوازدهم فصل ۶)
نمودار سرعت واکنش	• نمودار تأثیر میزان اکسیژن بر میزان فتوسنتز (پایهٔ دوازدهم فصل ۶) • نمودار اثر کربن‌دی‌اکسید جو و شدت نور بر فتوسنتز گیاهان C_3 و C_4(پایهٔ دوازدهم فصل ۶)
فشار	• اسمز (پایهٔ دهم فصل ۱) • حمل گازها در خون (پایهٔ دهم فصل ۳) • دم و بازدم (پایهٔ دهم فصل ۳) • پمپ فشار مثبت و منفی در تنفس ششی (پایهٔ دهم فصل ۳) • باز و بسته‌شدن دریچه‌های قلب (پایهٔ دهم فصل ۴) • فشار مکشی قفسهٔ سینه (پایهٔ دهم فصل ۴) • فشارخون (پایهٔ دهم فصل ۴) • تبادل مواد در مویرگ‌ها (پایهٔ دهم فصل ۴) • فرایند تشکیل ادرار (پایهٔ دهم فصل ۵) • تورژسانس و پلاسمولیز در یاخته‌های گیاهی (پایهٔ دهم فصل ۶) • فشار ریشه‌ای در انتقال آب و مواد معدنی در مسیرهای بلند (زیست پایهٔ دهم فصل ۷) • تعریق در گیاهان (پایهٔ دهم فصل ۷) • چگونگی باز و بسته‌شدن روزنه‌های هوایی در گیاهان (پایهٔ دهم فصل ۷) • چگونگی حرکت شیرهٔ پرورده (پایهٔ دهم فصل ۷)

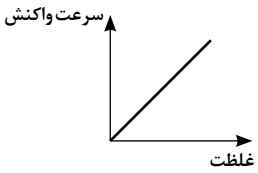
◆ **مرحلهٔ سوم:** جدول تهیه‌شده از مفاهیم شیمی پرکاربرد در کتاب‌های زیست‌شناسی و مباحث مرتبط با آن‌ها در اختیار دبیران زیست‌شناسی قرار گرفت تا مفاهیم زیست‌شناسی چالش‌زا در فرایند آموزش زیست‌شناسی را مشخص کنند. همچنین مفاهیم زیست‌شناسی موردنظر دبیران با بررسی اوراق امتحانات خرداد سال تحصیلی قبل نیز تأیید شد. سپس براساس اطلاعات به‌دست‌آمده برای بررسی میزان کج‌فهمی دانش‌آموزان از پرسش‌نامهٔ محقق استفاده شد که حاوی ۱۰ سؤال بود. در این پرسش‌نامه دانش‌آموزان ابتدا نظرشان را دربارهٔ سؤال‌های مطرح‌شده در دو گزینهٔ موافق و مخالف بیان کردند و پس از آن دلایل اظهار موافقت یا مخالفت خود را شرح دادند. از ترکیب این گزینه‌ها و نیز پاسخ‌های تشریحی دانش‌آموزان میزان کج‌فهمی آن‌ها حاصل شد. در مرحلهٔ بعد، از روش مصاحبه یا توضیح بیشتر برای تشخیص علت پاسخ‌های ارائه‌شدهٔ دانش‌آموزان در ارتباط با سؤال‌ها استفاده شد. پرسش‌های مصاحبه دربارهٔ برخی از سؤال‌های آزمون بود که تعداد زیادی از دانش‌آموزان در آن‌ها کج‌فهمی کامل داشتند. سؤال‌های استفاده‌شده در این پرسش‌نامه در جدول ۵ آورده شده است.

نحوهٔ نمره‌گذاری پرسش‌نامه، براساس اینکه دانش‌آموزان اولاً چه پاسخی به گزینه‌ها داده‌اند و ثانیاً دلیل ارائه کرده‌اند یا خیر، در ۴ طیف دسته‌بندی شد که در ادامه آمده است:

- **کج‌فهمی کامل:** آزمودنی تبیین غلط را می‌پذیرد.
- **کج‌فهمی نسبی:** آزمودنی با گزارهٔ کج‌فهمی موافقت می‌کند اما برای رد آن دلایل کافی و علمی ارائه نمی‌دهد.
- **فهم علمی نسبی:** آزمودنی با گزارهٔ توصیفی مخالفت می‌کند و برای نظر خود دلایل و شواهد علمی ارائه نمی‌دهد.
- **فهم علمی کامل:** آزمودنی با گزارهٔ توصیفی مخالفت می‌کند و برای نظر خود دلایل و شواهد علمی ارائه می‌دهد.

به کج‌فهمی کامل نمرهٔ ۲-، به کج‌فهمی نسبی نمرهٔ ۱-، به فهم علمی نسبی نمرهٔ ۱+ و به فهم علمی کامل نمرهٔ ۲+ تعلق گرفت. براین‌اساس، نمرهٔ پرسش‌نامه بین اعداد ۲۰- تا ۲۰ متغیر است و هرچه اعداد متمایل به‌سمت مثبت باشند نشان از فهم علمی کامل است و هرچه نمرهٔ پرسش‌نامه عددی کمتر و منفی‌تر باشد نشان از بروز کج‌فهمی علمی است.

جدول ۵. سؤال‌های پرسش‌نامه

ردیف	سؤال‌ها
۱	• **مصرف زیاد سرکه باعث افزایش ترشح H^+ در کلیه‌ها به شبکهٔ مویرگی دور لوله‌ای می‌شود.** **موافقم ○ مخالفم ○؛ دلیل انتخاب خود را بیان کنید.**
۲	• در هنگام دم با افزایش حجم قفسهٔ سینه فشار هوای درون شش‌ها کم می‌شود. **موافقم ○ مخالفم ○؛ دلیل انتخاب خود را بیان کنید.**
۳	• واکنش زیر نشان‌دهندهٔ آزادشدن کربن‌دی‌اکسید از ترکیب یون بی‌کربنات در مجاورت شش‌هاست. $HCO_3^- \longrightarrow CO_2 + OH^-$ • **موافقم ○ مخالفم ○؛ دلیل انتخاب خود را بیان کنید.**
۴	علت نام‌گذاری پیوند فسفودی‌استر بین نوکلئوتیدها وجود ۲ پیوند دوگانه می‌باشد. **موافقم ○ مخالفم ○؛ دلیل انتخاب خود را بیان کنید.**
۵	• مولکول دنای دارای محتوای GC زیاد نسبت به مولکول دنای دارای محتوای GC کم استوارتر است. **موافقم ○ مخالفم ○؛ دلیل انتخاب خود را بیان کنید.**
۶	• در آزمایش استال و مزلسون دناهایی که با ^{15}N ساخته می‌شوند نسبت به دنای معمولی که در نوکلئوتیدهای خود ^{14}N دارد چگالی بیشتری دارند. **موافقم ○ مخالفم ○؛ دلیل انتخاب خود را بیان کنید.**
۷	• آمینواسیدها در محیط‌های آبی خنثی هستند؟ **موافقم ○ مخالفم ○؛ دلیل انتخاب خود را بیان کنید.**
۸	• پروتئینی که به ساختار دوم رسیده باشد تا زمانی که در محیط آبی قرار نگیرد ساختار سوم پیدا نمی‌کند. **موافقم ○ مخالفم ○؛ دلیل انتخاب خود را بیان کنید.**
۹	• نمودار روبه‌رو رابطهٔ بین غلظت پیش‌ماده و سرعت واکنش را نشان می‌دهد. (بقیهٔ متغیرها ثابت)  **موافقم ○ مخالفم ○؛ دلیل انتخاب خود را بیان کنید.**
۱۰	• در مرحلهٔ گلیکولیز ۲ عدد NAD^+ با گرفتن الکترون اکسایش می‌یابند. **موافقم ○ مخالفم ○؛ دلیل انتخاب خود را بیان کنید.**

◆ **مرحلهٔ چهارم:** پس اجرای پرسش‌نامه پاسخ‌های دانش‌آموزان بررسی شد.

جدول ۶. نمونه‌ای از پاسخ‌های دانش‌آموزان به سؤال ۱

سطح درک	نمونه‌ای از پاسخ‌های دانش‌آموزان
فهم علمی کامل	**موافقم...** ● چون سرکه اسیدی است و باعث افزایش یون H^+ در خون می‌شود. ● کلیه‌ها مسئول هومئوستازی هستند پس باید یون‌های H^+ اضافه را به درون لوله‌ها ترشح کنند. ● سرکه ترکیبی اسیدی است که در خون H^+ تولید می‌کند و کلیه‌ها این یون‌های اضافه را به درون گردیزه ترشح می‌کنند.
فهم علمی نسبی	**موافقم**
کج‌فهمی نسبی	**مخالفم**
کج‌فهمی کامل	**مخالفم...** ● مصرف سرکه ربطی به عمل ترشح در کلیه‌ها ندارد. ● چون کلیه‌ها می‌توانند بی‌کربنات هم ترشح کنند.

جدول ۷. نمونه‌ای از پاسخ‌های دانش‌آموزان به سؤال ۲

سطح درک	نمونه‌ای از پاسخ‌های دانش‌آموزان
فهم علمی کامل	**موافقم...** ● در هنگام دم چون دنده‌ها به‌سمت جلو کشیده می‌شود حجم قفسهٔ سینه زیاد و فشار کاهش می‌یابد. ● فشار با حجم رابطهٔ عکس دارد. با افزایش حجم قفسهٔ سینه فشار هوای درون شش‌ها کم می‌شود. ● در هنگام دم به ۲ علت حجم قفسهٔ سینه زیاد می‌شود؛ یکی بالاآمدن قفسهٔ سینه و دیگری مسطح‌شدن دیافراگم. پس وقتی حجم قفسهٔ سینه زیاد شود فشار هم کم می‌شود تا هوا به درون شش‌ها کشیده شود.
فهم علمی نسبی	**موافقم**
کج‌فهمی نسبی	**مخالفم**
کج‌فهمی کامل	**مخالفم...** ● در هنگام دم چون هوا را به داخل شش‌ها می‌کشیم فشار هوای داخل شش‌ها زیاد می‌شود. ● تا وقتی ما دم انجام ندهیم و هوا را به داخل شش‌ها نکشیم حجم قفسهٔ سینه افزایش نمی‌یابد.

جدول ۸. نمونه‌ای از پاسخ‌های دانش‌آموزان به سؤال ۳

سطح درک	نمونه‌ای از پاسخ‌های دانش‌آموزان
فهم علمی کامل	**مخالفم...** ● یون بی‌کربنات ابتدا باید به‌صورت کربنیک‌اسید درآید و بعد کربن‌دی‌اکسید از آن جدا شود. ● واکنش به این صورت است: $H^+ + HCO_3^- \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow CO_2 \rightarrow H_2O$

جدول ۸. (ادامه)

سطح درک	نمونه‌ای از پاسخ‌های دانش‌آموزان
فهم علمی نسبی	**مخالفم**
کج‌فهمی نسبی	**موافقم**
کج‌فهمی کامل	**موافقم...** ● چون واکنش موازنه است. ● **در این واکنش کربن‌دی‌اکسید از یون بی‌کربنات خارج شده است.** ● در کنار شش‌ها باید CO_2 به‌صورت واکنش از بی‌کربنات آزاد شود و به درون شش‌ها انتشار یابد.

جدول ۹. نمونه‌ای از پاسخ‌های دانش‌آموزان به سؤال ۴

سطح درک	نمونه‌ای از پاسخ‌های دانش‌آموزان
فهم علمی کامل	**مخالفم...** ● علت نام‌گذاری وجود ۲ گروه عاملی فسفواستر می‌باشد. ● گروه عاملی فسفواستر است. در پیوند فسفودی‌استر دو گروه عاملی وجود دارد که به آن فسفودی‌استر می‌گویند.
فهم علمی نسبی	**مخالفم**
کج‌فهمی نسبی	**موافقم**
کج‌فهمی کامل	**موافقم...** ● در پیوند فسفودی‌استر ۲ پیوند دوگانه وجود دارد. ● کلمه دی در فسفودی‌استر به معنی ۲ هست که به علت وجود ۲ پیوند دوگانه است.

جدول ۱۰. نمونه‌ای از پاسخ‌های دانش‌آموزان به سؤال ۵

سطح درک	نمونه‌ای از پاسخ‌های دانش‌آموزان
فهم علمی کامل	موافقم... ● زیرا بین نوکلئوتیدهای G و C ۳ پیوند هیدروژنی و بین T و A۲ پیوند هیدروژنی وجود دارد. ● هرچه در مولکول دنا نوکلئوتیدهای سیتوزین و گوانین بیشتر باشد پیوندهای هیدروژنی هم بیشتر هستند که باعث استوارترشدن مولکول دنا می‌شوند.
فهم علمی نسبی	موافقم
کج‌فهمی نسبی	مخالفم
کج‌فهمی کامل	مخالفم... ● هرچه محتوای C و G بیشتر باشد مولکول دنا سنگین‌تر می‌شود نه استوارتر.

جدول ۱۱. نمونه‌ای از پاسخ‌های دانش‌آموزان به سؤال ۶

سطح درک	نمونه‌ای از پاسخ‌های دانش‌آموزان
فهم علمی کامل	**موافقم...** ● چون ^{15}N ایزوتوپ سنگین‌تری نسبت‌به ^{14}N است. ● هرچه جرم بیشتر شود چگالی هم بیشتر می‌شود دناهایی که با ^{15}N ساخته می‌شوند جرم بیشتری دارند که درنتیجه چگالی بیشتری هم دارند. ● جرم با چگالی رابطهٔ مستقیم دارد. ^{15}N نسبت به جرم بیشتری دارد پس چگالی بیشتری هم دارد.
فهم علمی نسبی	**موافقم**
کج‌فهمی نسبی	**مخالفم**
کج‌فهمی کامل	**مخالفم...** ● دناهایی که ^{15}N دارند وزن بیشتری دارند و نه چگالی بیشتری.

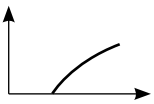
جدول ۱۲. نمونه‌ای از پاسخ‌های دانش‌آموزان به سؤال ۷

سطح درک	نمونه‌ای از پاسخ‌های دانش‌آموزان
فهم علمی کامل	**موافقم...** ● چون در محیط آبی آمینواسیدها در سر کربوکسیل یک بار منفی و سر آمین یک بار مثبت دارند. ● زیرا در محیط‌های آبی بارهای مثبت و منفی آمینواسید همدیگر را خنثی می‌کنند.
فهم علمی نسبی	**موافقم**
کج‌فهمی نسبی	**مخالفم**
کج‌فهمی کامل	**مخالفم** ● در محیط‌های آبی آمینواسیدها باردار هستند. ● در آب چون آمینواسیدها می‌توانند یون بگیرند باردار می‌شوند.

جدول ۱۳. نمونه‌ای از پاسخ‌های دانش‌آموزان به سؤال ۸

سطح درک	نمونه‌ای از پاسخ‌های دانش‌آموزان
فهم علمی کامل	**موافقم...** ● در ساختار سوم تاخوردگی بیشتر صفحه‌ها و مارپیچ‌ها در محیط آبی رخ می‌دهد و پروتئین‌ها به شکل کروی درمی‌آیند. ● زیرا تشکیل این ساختار در اثر برهم‌کنش‌های آب‌گریز است. به این صورت که گروه‌های R آمینواسیدهایی که آب‌گریزند به یکدیگر نزدیک می‌شوند تا در معرض آب نباشند.
فهم علمی نسبی	**موافقم**
کج‌فهمی نسبی	**مخالفم**
کج‌فهمی کامل	**مخالفم...** ● در تشکیل ساختار سوم پیوندهای هیدروژنی، اشتراکی و یونی ایجاد می‌شود که نیاز به محیط آبی ندارد.

جدول ۱۴. نمونه‌ای از پاسخ‌های دانش‌آموزان به سؤال ۹

سطح درک	نمونه‌ای از پاسخ‌های دانش‌آموزان
فهم علمی کامل	**مخالفم...** ● افزایش غلظت پیش‌ماده در محیطی که آنزیمی وجود دارد می‌تواند تا حدی باعث افزایش سرعت واکنش شود ولی این افزایش تا زمانی ادامه می‌یابد که تمامی جایگاه‌های فعال آنزیم با پیش‌ماده اشغال شوند. ● نمودار باید به‌صورت مقابل باشد چون زمانی که همهٔ جایگاه‌های فعال آنزیم اشغال شوند سرعت انجام واکنش ثابت می‌شود. 
فهم علمی نسبی	**مخالفم**
کج‌فهمی نسبی	**موافقم**
کج‌فهمی کامل	**موافقم...** ● زیرا وقتی پیش‌ماده بیشتر شود احتمال برخورد آن با جایگاه فعال آنزیم بیشتر و سرعت واکنش افزایش می‌یابد. ● هرچه پیش‌ماده و آنزیم بیشتر شوند سرعت هم بیشتر می‌شود.

جدول ۱۵. نمونه‌ای از پاسخ‌های دانش‌آموزان به سؤال ۱۰

سطح درک	نمونه‌ای از پاسخ‌های دانش‌آموزان
فهم علمی کامل	**مخالفم...** ● در مرحلهٔ گلیکولیز NAD^+ با گرفتن الکترون کاهش می‌یابد. ● اکسایش زمانی اتفاق می‌افتد که NADH الکترون از دست بدهد.
فهم علمی نسبی	**مخالفم**
کج‌فهمی نسبی	**موافقم**
کج‌فهمی کامل	**موافقم...** ● زمانی که الکترون‌هایش زیاد شود می‌گوییم اکسایش وقتی الکترون‌هایش کم شود می‌گوییم کاهش. ● در مرحلهٔ گلیکولیز NAD^+ به NADH تبدیل می‌شود.

◆ **مرحلهٔ پنجم:** بعد از بررسی و دسته‌بندی پاسخ‌های دانش‌آموزان مطابق با چارچوب ذکرشده مصاحبه‌ای با ۵ نفر از دانش‌آموزانی که دچار کج‌فهمی کامل بودند انجام شد. پرسش‌های مصاحبه دربارهٔ برخی از سؤال‌های آزمون بود که تعداد زیادی از دانش‌آموزان در آن‌ها کج‌فهمی کامل داشته‌اند. در این مصاحبه از دانش‌آموزان خواسته شد تا دربارهٔ پاسخ‌های خود توضیح دهند و دلایل و اندیشه‌های خود را بیان کنند تا درک و برداشت آنان و چرایی شکل‌گیری برداشت غلط در اندیشه‌های دانش‌آموزان مشخص شود.

◆ **مرحلهٔ ششم:** در این مرحله براســـاس اطلاعات به‌دست‌آمده از بررسی پاسخ‌های دانش‌آموزان به ســـؤال‌های پرســـش‌نامه و مصاحبه با دانش‌آموزان و دبیران زیست‌شناسی و شیمی دلایل بروز کج‌فهمی‌های رایج دانش‌آموزان بررسی شد.

نتایج

دلایل ایجاد کج‌فهمی‌های احتمالی در دانش‌آموزان براساس اطلاعات به‌دست‌آمده از پرسش‌نامه و مصاحبه با دانش‌آموزان و دبیران

- **کج‌فهمی در مفهوم پیوند فسفودی‌استر**

✦ آشنانبودن درست دانش‌آموزان با گروه‌های عاملی در درس شیمی: دانش‌آموزان برای آشنایی با پیوند فسفودی‌اســـتر باید گروه‌های عاملی اســـتر، فسفواستر و فسفودی‌استر و فرمول‌های ساختاری آن‌ها را بشناسند؛

✦ ناتوانی بسیاری از دبیران زیست‌شناسی در برقراری ارتباط بین مفاهیم شیمی و زیست‌شناسی؛

✦ قراردادن توضیحات مربوط به گروه‌های عاملی در قسمت «بیشتر بدانید» درحالی‌که گنجاندن آن در متن اصلی درس توجه دانش‌آموزان را بیشتر جلب می‌کند و در فهم پیوند فسفودی‌استر تأثیرگذار است؛

✦ تطابق‌نداشتن بین توضیح پیوند فسفودی‌استر در متن و شکل کتاب.

- **کج‌فهمی در نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش استال و مزلسون**

✦ یادنگرفتن و آشنایی نادرست دانش‌آموزان با ایزوتوپ‌ها در درس شیمی؛

✦ گویا و واضح‌نبودن شکل کتاب؛

✦ بی‌توجهی دانش‌آموزان به شکل‌های کتاب و متن‌های مربوط به شکل‌ها؛

✦ همسونشدن دانش‌آموزان با هدف مؤلف کتاب؛

✦ ایـــن مفاهیـــم برای یادگیری بهتر مســـتلزم نمایش فیلم و پویانمایی هســـتند که به دلایل متعددی توجه لازم به پخش آن‌ها وجود ندارد. این دلایل عبارت‌اند از: موجودنبودن محتوای داخلی خوب در این زمینه، بی‌توجهی بعضی از دبیران، نامتناســـب‌بودن بودجه‌بندی زمانی، ناکافی‌بودن امکانات در مدارس.

- **کج‌فهمی در مفهوم سطوح مختلف ساختاری در پروتئین‌ها**

✦ ناآشنایی کافی با انواع پیوندها و تفاوت‌های آن‌ها؛

✦ انتزاعی‌بودن مفاهیم: ساختارهای سه‌بعدی نیازمند تصور انتزاعی است که همهٔ دانش‌آموزان این توانایی را ندارند؛

- تصویرهای کتاب: تصویرها و مدل‌های دوبعدی در کتاب درسی می‌توانند گمراه‌کننده باشند و موجب کج‌فهمی شوند؛
- کج‌فهمی در مباحث شیمی پایه درخصوص پیوند یونی، فلز و نافلز؛
- همیشه سرعت یادگیری دانش‌آموزان با سرعت ارائهٔ مفهوم از طرف معلم در اغلب کتاب‌های درسی پیش نمی‌رود؛
- ارائهٔ برخی الگوها که برای تصورکردن و فهمیدن چندان مناسب نیستند در دانش‌آموزان ایجاد کج‌فهمی می‌کند.

● **کج‌فهمی در مفهوم چگونگی وقوع عمل دم و بازدم در شش‌ها**

- در کتاب به این موضوع که هوا از جای پرفشار به کم‌فشار جابه‌جا می‌شود اشاره نشده است؛
- ارائهٔ مطالب به روش سنتی ازطریق معلم به دانش‌آموزان: ترمیم کج‌فهمی‌ها در مقابل تغییر ازطریق روش‌های آموزش سنتی مقاوم هستند؛
- بی‌توجهی معلمان به اختلاف‌های موجود در توضیحات خود دانش‌آموزان و همچنین تناقض‌هایی میان پیش‌مفاهیم اولیه دانش‌آموزان و مفاهیم علمی؛
- یکی از دلایل ایجاد کج‌فهمی در این موضوع، دانشی است که دانش‌آموزان به‌صورت روزمره از سایر منابع غیردرسی به دست می‌آورند؛
- به دلیل پیچیدگی موضوع برخی سؤال‌های دانش‌آموزان بی‌پاسخ می‌مانند و مسائل با درک کامل حل نمی‌شوند.

● **کج‌فهمی در مفهوم حمل کربن‌دی‌اکسید در خون به‌صورت یون بی‌کربنات**

- باتوجه‌به انتزاعی‌بودن برخی مفاهیم ازجمله مفاهیم پیوندها و واکنش‌های شیمیایی لازم است دانش‌آموزان به درک درست از واکنش‌های شیمیایی، ساختار ماده، فعالیت‌های شیمیایی و تغییرات حالت مواد دست یابند؛
- بالابودن حجم و ارائهٔ پراکندهٔ مباحث نیز از بزرگ‌ترین مشکلات کتاب‌های درسی هستند؛
- توانایی ناکافی دانش‌آموزان در نوشتن واکنش‌های شیمیایی؛
- ناتوانی دانش‌آموزان در نوشتن فرمول شیمیایی مواد از روی اسم آن‌ها.

● **کج‌فهمی در مفهوم تنظیم میزان pH خون در کلیه‌ها**

- درک پایین دانش‌آموزان و ناآگاهی معلم از درک غیردقیق دانش‌آموزان از مفاهیم؛
- بی‌ارتباط‌بودن تجربه‌های دانش‌آموزان و محتوای کنونی؛

- توضیح ناکامل کتاب شیمی پایهٔ دوازدهم در مبحث pH، مقیاسی برای تعیین میزان اسیدی‌بودن.

● **کج‌فهمی در مفهوم تأثیر غلظت آنزیم پیش‌ماده در فعالیت آنزیم‌ها**

- حذف مبحث محدودکننده‌ها از کتاب شیمی (این مبحث در کتاب‌های قبلی شیمی بود و پیش‌نیاز مهمی برای درک عملکرد آنزیم است.)؛
- استفاده‌نکردن از شکل مناسب در کتاب برای گویاترشدن مفهوم؛
- تحمیل عقاید و مفاهیم به دانش‌آموزان: اغلب بیش از آنکه به دانش‌آموزان فرصت داده شود تا موارد تدریس‌شده را بررسی و خود را متقاعد سازند انتظار می‌رود مطالب را به‌سرعت درک کنند؛
- استفادهٔ معلمان از برخی قیاس‌های متداول برای توضیح مفاهیم که می‌توانند باعث معضلاتی شوند؛ چرا که در بسیاری از موارد همانندی قیاس‌ها با موضوع اصلی کامل نیست.

● **کج‌فهمی در مراحل واکنش تنفس یاخته‌ای مثل قندکافت**

- متکلم‌وحده‌بودن معلم و استفاده از روش سخنرانی: یعنی معلم با استفاده از روش سخنرانی به انتقال اطلاعات می‌پردازد و به دانش‌آموزان فرصت مداخله و تفکر دربارهٔ موضوع را نمی‌دهد؛
  - فقدان آشنایی کامل و درست دانش‌آموزان با نمادهای شیمیایی؛
  - یادگیری ناقص دانش‌آموزان در مبحث اکسایش و کاهش در درس شیمی؛
  - ناتوانی دانش‌آموزان در تفسیر شکل‌ها، نمودارها و چرخه‌های کتاب.

● **کج‌فهمی در نکات کلیدی مدل واتسون و کریک**

- فقدان آشنایی دقیق دانش‌آموزان با پیوند هیدروژنی و ویژگی‌های آن؛
- ناآشنایی با ساختار بازهای آلی نیتروژن‌دار؛
- ناتوانی از تصور فضایی صحیح در ذهن دانش‌آموزان از ساختار مارپیچی دنا و جفت‌شدن بازها در مولکول دنا.

● **کج‌فهمی در ساختار آمینواسیدها**

- آشنانبودن دانش‌آموزان با گروه عاملی آمین و کربوکسیل و ویژگی‌های آن‌ها؛
- ناآگاهی دانش‌آموزان و اشاره‌نشدن در کتاب به این موضوع که گروه کربوکسیل در محیط‌های آبی H^+ از دست می‌دهد و به COO^- تبدیل می‌شود و گروه آمین با گرفتن H^+ به NH_3^+ تبدیل می‌شود.

■ بحث و نتیجه‌گیری ■

براســـاس پژوهش‌های صورت‌گرفته آنچه مسلم است دانش‌آموزان قبل از ورود بـــه کلاس درس دربارهٔ دنیـــای پیرامون خود و انواع پدیده‌هـــای علمی تصورات و الگوهای ذهنی گوناگونی می‌سازند. در بیشـــتر مواقع، تصورات دانش‌آموزان دربارهٔ برخـــی مفاهیم و پدیده‌های علمی مخالف نظریه‌های علمیِ پذیرفته‌شـــده اســـت. بســـیاری از تصورهای ذهنی دانش‌آموزان که در نتیجهٔ تجربه‌های روزانه و مشاهدهٔ پدیده‌های علمی ایجاد می‌شـــود می‌تواند پیش‌تصور یا یادگیری پیشین آن‌ها باشد و در فرایند یاددهی ـ یادگیری‌شـــان اثر بگذارد. عوامل مختلفی را می‌توان منشـــأ کج‌فهمی‌ها دانست: تجربه‌ها و پیش‌آموخته‌های دانش‌آموزان در سال‌های گذشته، انتزاعی‌بودن مفاهیم و نامتناســـب‌بودن محتوای علمی ارائه‌شـــده با ســـطح رشـــد شـــناختی دانش‌آموزان، سازمان‌دهی نامناســـب معلمان در محتوای آموزشی بدون رعایت پیش‌نیازها و ارتباطات طولی و عرضی همگی از عوامل پیدایش کج‌فهمی در دانش‌آموزان محسوب می‌شوند. بررسی منشأ کج‌فهمی و شیوه‌های اصلاح کج‌فهمی نیازمند پژوهش‌های جداگانه‌ای است.

باتوجه‌به چارچوب نظری، بدفهمی‌ها لزوماً عبارت‌های نادرستی نیستند. گاهی مفاهیم موجود در یک عبارت صحیح اســـت اما ارتباط بین آن‌ها صحیح نیســـت و دانش‌آموزان ارتباط غلط را صحیح می‌پندارند و تلاشـــی برای تغییر آن نمی‌کنند؛ بنابراین ممکن اســـت این مفاهیم در ذهن یادگیرنده با ارتباط نادرست و چارچوب غلط تا سال‌ها باقی بماند. از طرف دیگر به سبب ارتباط تنگاتنگ بین مفاهیم شیمی و زیست‌شناسی، در بسیاری از موارد کج‌فهمی در مفاهیم شیمی زمینه و مقدمهٔ بروز کج‌فهمی در مباحث زیست‌شناسی شده است.

در دو دههٔ گذشته مطالعات متعددی دربارهٔ کج‌فهمی دانش‌آموزان در یادگیری شیمی صورت گرفته است. این مطالعات نشان می‌دهند فراگیران در سنین متفاوت، اعم از دبیرستان یا دانشگاه، در یادگیری مطالب شیمی دارای کج‌فهمی‌های مختلفی هستند. باتوجه‌به انتزاعی‌بودن برخی مفاهیم علم شیمی، ازجمله مفاهیم پیوندهای شیمیایی، لازم است دانش‌آموزان به درکی درست از واکنش‌های شیمیایی، ساختار ماده، فعالیت‌های شـــیمیایی، تغییرات حالت مواد، تغییرات فیزیکی و شـــیمیایی و مباحث پایداری در شیمی دســـت یابند؛ اما در صورت کج‌فهمی در این مفاهیم در تدریس مباحث زیست‌شناسی مثل پیوند فسفودی‌استر، سطوح مختلف ساختاری در پروتئین‌ها، حمل کربن‌دی‌اکسید در خون، مراحل واکنش تنفس یاخته‌ای و ...

با مشکلات فراوانی مواجه خواهند شد.

باتوجه‌به ماهیت دانشـــی که هرکس دارد، به تعداد تمامی یادگیرندگان ممکن اســـت برداشـــت‌های متفاوت از یک موضوع ایجاد شـــود. پی‌بردن به کج‌فهمی در لایه‌های عمیق ذهن دانش‌آموزان بسیار پیچیده است و حتی با سؤالات تشریحی و گفت‌وگوهای کلاسی بسیاری از آن‌ها تشخیص داده نمی‌شود. این موارد باید با دیدن فیلم یا حضور در آزمایشـــگاه و انجام کار عملی و شـــنیدن تجربهٔ دانش‌آموز با زبان خودش بررسی شود تا تضاد بین برداشت شخصی او با برداشت علمی‌اش آشکار شود. بنابراین برای آشکارسازی و اصلاح کج‌فهمی‌ها باید از ترکیب روش‌ها استفاده کرد.

باتوجه‌به نتایج پژوهش، می‌توان تا حدود زیادی به کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان در مفاهیم شـــیمی و مباحث زیست‌شناسی و علل بروز آن‌ها پی برد. مثلاً در کج‌فهمی شـــمارهٔ یک مشخص شد که کج‌فهمی دانش‌آموزان، در مفهوم پیوندهای شیمیایی در درس شیمی، تدریس مبحث پیوند فسفودی‌استر در فصل اول زیست‌شناسی پایهٔ دوازدهم را دچار مشـــکل می‌کند و دانش‌آموزان در این مبحث نیز دچار کج‌فهمی می‌شوند. پس می‌توان نتیجه گرفت منشأ بسیاری از کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان در مفاهیم زیست‌شناسی مولکولی درواقع کج‌فهمی آنان در مفهوم پیوندهای شیمیایی است.

● بررسی نتایج حاصل از پژوهش و مقایسهٔ آن‌ها با سایر پژوهش‌ها ●

نتایج این پژوهش درزمینهٔ یادگیری مفاهیم زیست‌شناســـی با نتایج تحقیقات مطالعات (حلیم[۴] و همکاران، ۲۰۱۸؛ ســـراتو و ســـاپو[۵]، ۲۰۲۱؛ بونتین و همکاران، ۲۰۲۰؛ دوداً[۶] و همکاران، ۲۰۲۰؛ دوبان[۷] و همکاران، ۲۰۱۹) مطابقت دارد؛ بنابراین نتیجـــه می‌گیریم که کج‌فهمی‌ها باورهای پایدار هســـتند که رفـــع آن‌ها به‌راحتی امکان‌پذیر نیســـت و شیوهٔ تدریس ســـنتی کمکی به رفع یا اصلاح آن‌ها نمی‌کند. فعال‌بـــودن دانش‌آموزان در کلاس درس به آن‌ها کمک می‌کند که پیش‌زمینه‌های ذهنی خود را بازبینی و همچنین کج‌فهمی‌های خود را اصلاح کنند.

دودا و همـــکاران (۲۰۲۰) در تحقیقات خود به این موضوع پرداختند که تصور نادرســـت می‌تواند به شکل یک مفهوم اولیه شـــکل بگیرد؛ جایی که خطای رابطهٔ نادرســـتی بین مفاهیم، مفاهیم شهودی و دیدگاه‌های اشـــتباه وجود دارد. در این پژوهش نیز مشخص شد ناتوانی دانش‌آموزان در برقراری ارتباط بین مفاهیم مختلف می‌تواند آن‌ها را از درک درست مفاهیم عاجز کند.

سوپامو[8] (۲۰۱۳) در مطالعات خود علل پدیدآمدن باورهای غلط را در پنج گروه خلاصه کرد: دانش‌آموزان، معلمان، کتاب‌های درسی، زمینه‌ها و روش‌های تدریس. در ایـــن پژوهش نیز همهٔ موارد فوق با بررســـی علل بروز کج‌فهمی در دانش‌آموزان تأیید شد.

طی مصاحبه با دبیران شـــیمی، مفاهیمی از شیمی که بیشتر دانش‌آموزان در آن‌ها دچار کج‌فهمی می‌شوند استخراج شد. این مفاهیم با نتایج پژوهش توکلی‌جز (۱۳۹۲) مطابقت داشت.

در بخـــش دیگری از این پژوهش برای پی‌بـــردن به کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان از پرســـش‌نامه استفاده شـــد. بعد از تکمیل پرســـش‌نامه‌ها، با دانش‌آموزان دربارهٔ پاسخ‌هایشان به سؤال‌هایی که بیشتر در آن‌ها کج‌فهمی کامل دیده می‌شد مصاحبه شد. مصاحبه‌کردن اطلاعات بیشـــتر و بهتری دربارهٔ ساختار ذهنی دانش‌آموزان به پژوهشـــگر می‌دهد. به این موضوع عســـگری (۱۳۹۱) نیز در مطالعات خود اشاره کرده اســـت: مصاحبهٔ انفرادی با دانش‌آموزان یکی از بهترین راه‌ها برای پی‌بردن به کج‌فهمی آن‌هاســـت. این مصاحبه‌ها با پرسش‌های بازپاسخ شروع می‌شود و سپس با پرســـش‌های معنی‌دار ادامه می‌یابد. این‌گونه پرسش‌ها اغلب با چرا و چگونه آغاز می‌شوند تا مصاحبه‌شونده مکث کند، فکر کند و براساس ساختار ذهنی خود پاسخ دهد.

بدریـــان و عبدی‌نژاد (۱۳۹۲) در مطالعات خود به ویژگی هم‌پوشـــانی و رابطهٔ طولی در محتوای کتاب‌های زیست‌شناســـی و شـــیمی اشـــاره کردند و از پژوهش آن‌ها این نتیجه حاصل شـــد که بســـیاری از کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان در مفاهیم زیست‌شناسی به علت کج‌فهمی در مفاهیم شیمی و ارتباط تنگاتنگی است که بین آن‌ها وجود دارد. به توصیهٔ بدریان برنامه‌ریزان درسی باید در تهیه و تدوین محتوای درسی نهایت دقت و توجه لازم را داشته باشند. نتایج پژوهش حاضر نیز مؤید نقش و اهمیت محتوای کتاب‌های درسی زیست‌شناسی و شیمی و ارتباط طولی آن‌ها در بروز کج‌فهمی در دانش‌آموزان است.

● پاسخ به سؤال‌های پژوهش ●

کج‌فهمی‌های رایج مفاهیم شیمی پیش‌نیاز درس زیست‌شناسی کدام‌اند؟

این مفاهیم به‌طورکلی شـــامل پیوند شیمیایی، pH، چگالی، فشار، واکنش‌های شـــیمیایی، گروه‌های عاملی، ایزوتوپ‌ها، ســـاختارهای فضایی، محدودکننده‌ها در

واکنش شیمیایی، فرمول شیمیایی و ساختاری مولکول‌ها، اکسایش و کاهش، نمودار سرعت واکنش و تحلیل نمودارهاست (امینی و همکاران، ۱۳۹۹؛ هارمالا، براسکن[۹] و همکاران، ۲۰۲۰ ؛ پیکولی[۱۰]، ۲۰۲۰).

تأثیر کج‌فهمی‌های مفاهیم شیمی به‌کاررفته در کتاب‌های زیست‌شناسی متوسطه در آموزش زیست‌شناسی چیست؟

امینی تهرانی (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای با عنوان «خلاقیت در آموزش زیست‌شناسی» بیان کرد وجود مشکلاتی در درس زیست‌شناسی سبب شده که برخی دانش‌آموزان برای یادگیری این درس کم‌تحرک و بی‌رغبت باشند. مهم‌ترین مشکلات دانش‌آموزان فقر ارتباطی بین موضوع‌های علوم زیستی و کاربردهای آن در زندگی روزمره است. به همین علت یکی از وظایف معلمان ایجاد ارتباط بین موضوع‌های مختلف زیستی و زندگی است تا یادگیری برای دانش‌آموزان آسان‌تر و لذت‌بخش‌تر شود.

صمدی (۱۳۹۸) در تحقیق خود با موضوع مشکلات موجود در آموزش زیست‌شناسی بیان می‌کند که برای پاسخ‌گویی به علوم مختلف باید دیدی جامع و همه‌جانبه به مسائل داشت و علوم مرتبط را با هم تلفیق کرد. پس رویکرد تلفیقی در پی آن است که با ارائهٔ سازمان‌دهی خاصی از آموزش فرصت‌هایی را برای فراگیران فراهم سازد تا با اصول، مبانی، روش‌ها و موضوع‌های متنوع در حوزه‌های مختلف آشنا شوند. تلفیق علم زیست‌شناسی و علوم دیگر موجب افزایش زاویهٔ دید دانش‌آموزان و ارتباط بین علوم و زندگی می‌شود. علاوه‌بر آن، آموزش تلفیقی موجب یادگیری موضوع از دیدگاه‌های مختلف می‌شود و این آموزش شکاف بین برنامه‌های درسی قصدشده و اجراشده را از بین می‌برد.

همچنین باتوجه‌به ارتباط تنگاتنگی که بین مفاهیم زیست‌شناسی و مفاهیم شیمی وجود دارد، در بسیاری از موارد دیده شده منشأ مشکل در یادگیری مباحث زیست‌شناسی، وجود کج‌فهمی در مفاهیم شیمی مرتبط با آن بوده است. نمونهٔ بارز این موضوع مبحث پیوندهای شیمیایی است. باتوجه‌به اطلاعاتی که در این پژوهش از مصاحبه با دبیران شیمی و زیست‌شناسی و تکمیل پرسش‌نامه به دست آمد، مشخص شد بسیاری از دانش‌آموزان در مفهوم پیوند دچار کج‌فهمی می‌شوند که این مفهوم ارتباط قابل‌ملاحظه‌ای با مباحث زیست‌شناسی دارد و در روند آموزش و یاددهی و یادگیری آن‌ها تأثیر مستقیم می‌گذارد (فوچ[۱۱] و همکاران، ۲۰۲۱؛ یوری[۱۲]، ۲۰۱۸). طبق پژوهش محققان دانشگاه زنجان (حقّی، ۱۳۹۵) کج‌فهمی‌های

دانش‌آموزان درزمینهٔ مفاهیم یون، پیوند یونی و ساختار ترکیبات یونی است که در اثر آموزش نامناسب و یا ناکافی ایجاد شده است.

در تحقیقی دیگر (فادیلله و سالیواراتی[۱۳]، ۲۰۱۸) با استفاده از یک توصیف کمّی، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، نمره‌ها و درصدهایی به دست آمد. در این تحقیق ۵۰ درصد از دانش‌آموزان سه مدرسه از شهر یوگیاکارتا در اندونزی دارای کج‌فهمی در مبحث پیوندهای شیمی بودند و بیشتر معلمان فقط روی معیارهایی تمرکز می‌کردند که دانش‌آموزان باید به آن‌ها برسند و توجهی به میزان فهم دانش‌آموزان قوی یا ضعیف در کلاس نمی‌کردند. در تحقیقی دیگر (آردیانسیاه[۱۴]، ۲۰۱۸) به بررسی ترکیباتی با پیوندهای یونی و کووالانسی پرداخته شد و کج‌فهمی دانش‌آموزان در مبحث انواع پیوندهای شیمیایی بررسی شد. سؤال این پژوهش راجع‌به نوع پیوند (یونی یا کووالانسی) در مولکول سدیم کلرید بود. ۳۵ درصد از پاسخ‌دهندگان پیوند کووالانسی را برای سدیم کلرید انتخاب کرده بودند. این موضوع را می‌توان در دستهٔ برداشت غلط طبقه‌بندی کرد که با کج‌فهمی در مبحث پیوندهای شیمیایی این تحقیق همسوست. یکی از دلایل یادگیری غلط پیوندهای یونی و تشخیص تفاوت آن‌ها با پیوند کووالانسی این است که دانش‌آموزان دقیقاً ساختار ترکیبات شیمیایی را نمی‌توانند تشخیص دهند. مفهوم پیوند شیمیایی طبق جدول ۱ و ۳ با مفاهیم اکثر فصل‌های کتاب‌های زیست‌شناسی پایهٔ دهم و دوازدهم ارتباط دارد که کج‌فهمی در آن یادگیری این مباحث را نیز با مشکلات جدی مواجه می‌کند.

چگونه می‌توان تأثیر این کج‌فهمی‌ها را در آموزش زیست‌شناسی رفع کرد؟

خدایی و عظمت در مطالعات خود (۱۳۹۸) بیان می‌کنند رفع کج‌فهمی‌ها یکی از امور دشوار در امر آموزش است. با روش‌های تدریس سنتی نمی‌توان کج‌فهمی‌ها را از میان برداشت؛ زیرا بیشترِ تدریس‌های سنتی بر محتوای برنامهٔ درسی و تبادل دانش و اطلاعات متمرکزند. این کج‌فهمی‌ها باید در اسرع وقت و قبل از اینکه در ساختار شناختی دانش‌آموز ریشه‌های عمیق‌تری بدوانند از بین بروند. دانش‌آموزی که کج‌فهمی‌هایی دارد باید بتواند آن‌ها را فراموش کند تا قادر باشد مفاهیم را به روش صحیح یاد بگیرد. فرایند بازگشت یادگیری اغلب دشوارتر از خود فرایند یادگیری است. معلم به مهارت بسیار نیاز دارد که بتواند دانش‌آموزان را متقاعد کند تا از دیدگاه خود دست بکشند و دیدگاه صحیح را بپذیرند. اگر دانش‌آموزان مستقیماً، یعنی بدون فراموش‌کردن کج‌فهمی‌ها، وارد فرایند یادگیری شوند، فرایند

بیهوده و خسته‌کننده‌ای در پیش خواهند داشت و محتواها را به‌سرعت فراموش خواهند کرد و کج‌فهمی‌هایشان عمیق‌تر خواهد شد.

عظمت و خدایی بر این باورند یادگرفتن هنگامی اتفاق می‌افتد که فراگیر فعالانه در فرایند یادگیری شرکت کند.

همچنین معلمان نیز باید، برای تدریس مؤثر، سطح شناختی فراگیران و رشد مفهومی آن‌ها ـ یعنی میزان دانش موردنیاز دربارهٔ آن مبحث مشخص ـ را برای یادگیری دانش جدید در نظر بگیرند. علاوه‌بر این، مبحثی که تدریس می‌شود نباید چندان پیچیده باشد. به‌هرحال، این ساده‌سازی باید به‌دقت انجام گیرد؛ زیرا ممکن است باعث شکل‌گیری برداشت‌های غلط دیگری دانش‌آموزان شود. خلاصه آنکه باید میان مفاهیم علمی و سطح درک دانش آموزان از همان ابتدا هم‌بستگی وجود داشته باشد.

در این پژوهش نیز به نقش مهم معلمان در رفع تأثیر کج‌فهمی‌ها در روند آموزش تأکید می‌شود. معلمانی که همچنان از روش‌های سنتی برای تدریس مباحث درسی استفاده می‌کنند و از روش فعال غافل می‌شوند در این امر ناکام می‌مانند. طبق روش فعال، در تدریس شیمی دبیر با مشارکت دانش‌آموزان به انتقال اطلاعات می‌پردازد. فرایندهای چنین تدریسی شامل الگوی حل مسئله، الگوی پیش‌سازمان‌دهنده و بحث گروهی است. طی تدریس فعال، دانش‌آموزان فعال‌اند و در فرایند تدریس، حضورِ هوشیارانه دارند؛ یعنی در قبال تدریس احساس مسئولیت می‌کنند و می‌توانند دبیر را به چالش بکشند یا اِشکال‌ها و کج‌فهمی‌های خود را کشف کنند (سالیانی[۱۵] و همکاران، ۲۰۲۰).

سعادتی و همکاران (۱۴۰۰) در مطالعات خود بیان کردند گاهی مشاهده می‌شود که خود معلمان نیز در اثر تصورات نادرست القاشده براثر تجربه‌های دوران کودکی دچار کج‌فهمی‌هایی هستند و طبیعتاً کج‌فهمی‌های معلمان نیز ریشه در تصورهای نادرست دوران تحصیل و کودکی آنان دارد. لذا به‌منظور کاهش کج‌فهمی دانش‌آموزان، ابتدا باید خود معلمان با مطالعهٔ دقیق و کامل مفاهیم و مطالب علمی تصورهای نادرست احتمالی خود را اصلاح کنند. همچنین معلمان بایستی با مطالعهٔ نتایج مقاله‌ها و پژوهش‌ها، موضوع‌هایی را که اکثر دانش‌آموزان در آن‌ها دچار کج‌فهمی هستند شناسایی کنند و روش‌های گوناگونی را در تدریس خود به کار گیرند تا حتی‌الامکان مانع از بروز کج‌فهمی در دانش‌آموزان شوند. کمالی و کریمی راد (۱۳۹۷) در پژوهشی دریافتند که با روش تدریس هم‌یاری تا حد زیادی می‌توان

احتمال بروز کج‌فهمی در دانش‌آموزان را کاهش داد. مؤلفان کتاب‌های درسی نیز بایستی، با استفاده از دیدگاه‌های کارشناسان، کتاب‌های درسی را به‌گونه‌ای تألیف کنند که مطالب به‌روشنی به دانش‌آموزان منتقل شود و آن‌ها را دچار کج‌فهمی نکند. همچنین لازم است متناسب با ساعت‌های آموزشی اختصاص‌یافته به واحدهای درسی حجم کتاب‌های درسی را تنظیم کنند. مغیری‌نیا و همکاران (۱۳۹۲)، حجم بالای مطالب درسی را یکی از عوامل تأثیرگذار در کج‌فهمی‌ها می‌دانند. بنابراین باتوجه‌به اهمیت تشخیص و رفع کج‌فهمی‌ها در فرایند آموزش پیشنهاد می‌شود معلمان روش‌های زیر را به کار گیرند:

- برای رفع کج‌فهمی‌ها ابتدا باید بدانیم کج‌فهمی‌ها بیشتر در چه مطالبی بیشتر دیده می‌شود. یکی از بهترین و مؤثرترین ابزارها طرح سؤال است. استفاده از پرسش‌های سببی یکی از مؤثرترین ابزارها برای تشویق دانش‌آموزان است که به معلم فرصت می‌دهد کج‌فهمی‌ها را تشخیص دهد.
- محیطی امن برای تفکر و بحث ایجاد شود. به نظرها و عقاید دانش‌آموزان احترام گذاشته شود و از تحلیل‌ها و مباحثهٔ آن‌ها حمایت شود تا در آشکارسازی کج‌فهمی مؤثر واقع شود و باعث تغییر مثبت و دائمی مفهوم شود.
- دانش‌آموزان معمولاً با حالت‌های سه‌بعدی مدل‌ها مشکل دارند؛ پس باید از چند مدل استفاده شود.
- برای آموزش مباحثی که به آزمایشگاه نیاز دارند، مثلاً فرایند تشکیل و شکست پیوند بین‌مولکولی، به‌صورت عملی در آزمایشگاه توضیح داده شود. با توجه به انتزاعی‌بودن مفاهیم مشخص‌شده در این پژوهش (مفاهیم سلولی و مولکولی)، تولید محتواهای مناسب آزمایشگاه مجازی، آموزش معلمان در این زمینه و استفاده از تجربه‌های کشورهای پیش‌رو می‌تواند راهگشا باشد. همچنین تدریس به روش آزمایشگاهی در جلوگیری از کج‌فهمی و کمک به رفع آن در مفاهیم زیست‌شناسی نقش بسزایی دارد (الیویرا و بونیتو[16]، ۲۰۲۳؛ بونتین و همکاران، ۲۰۲۰؛ دودا و همکاران، ۲۰۲۰؛ جفری[17] و همکاران، ۲۰۱۶).
- در توضیح مطالب از مستندات علمی و مثال‌های نزدیک‌تر به موضوع استفاده شود تا دانش‌آموزان مشکلی در درک حقایق نداشته باشند.

- در اســـتفاده از اصطلاحـــات علمی برای نشـــان‌دادن حالت یـــا مفهومی به دانش‌آموزان به شرح و توضیح کامل آن پرداخته شود و تنها به نام آن بسنده نشود.
- ارزشـــیابی آغازین جدی باشـــد تا باورها و اندیشه‌های دانش‌آموزان به‌خوبی درک شود.
- در شـــرح موضوع مورد تدریس به تشـــریح و توضیح جنبه‌های پنهان آن‌ها پرداخته شود.
- به دانش‌آموزانی با فرهنگ و زبان متفاوت بیشـــتر اهمیت داده شـــود؛ زیرا نمونه‌ای دیگر از وظایف معلم آموزش تمام دانش‌آموزان کلاس است (خدایی و عظمت، ۱۳۹۹).

همچنین پیشنهاد می‌شود، برای جلوگیری از کج‌فهمی دانش‌آموزان و رفع‌کردن آن، مسئولان ذی‌ربط اقدام‌های جدی در زمینه‌های ذیل به عمل آورند:

- ایجاد انگیزه در معلمان و تشـــویق آن‌ها برای ارتقای ســـطح آگاهی خود و به‌کارگیری روش‌های نوین تدریس؛
- ایجاد زمینهٔ ارتباط و هم‌فکری بین معلمان هم‌رشـــته و غیرهم‌رشـــته برای اطلاع از وضعیت آموزشی دانش‌آموزان در سایر درس‌های مرتبط؛
- ایجـــاد تغییرهای طولی و عرضی جهت‌دار و هدفمند در کتاب‌های درســـی علوم دورهٔ اول متوسطه، به منظور درک بهتر دانش‌آموزان از مفاهیم درسی دورهٔ دوم متوسطه؛
- ایجـــاد تغییرهای طولی و عرضی جهت‌دار و هدفمند در کتاب‌های درســـی شیمی و زیست‌شناسی دورهٔ دوم متوسطه به منظور درک بهتر دانش‌آموزان از مفاهیم درسی؛
- توانمندسازی دانشـــجومعلمان دانشگاه فرهنگیان درزمینهٔ کشف کج‌فهمی و آموزش روش‌های پیشـــگیری و رفع کج‌فهمی‌ها در دورهٔ تحصیل و قبل از ورود به فضای تدریس؛
- حضور بیشـــتر و مؤثرتر مؤلفان کتاب‌های درســـی در کارگاه‌های آموزشی و کارگاه‌های ویرایش کتاب‌های درسی باتوجه‌به نتایج پژوهش‌های معتبر.

منابع
REFERENCES

امینی تهرانی، مرضیه. (۱۳۹۵). خلاقیت در آموزش زیست‌شناسی. *رشد آموزش زیست‌شناسی*، ۳۰(۲)، ۱۲-۱۹.
https://www.roshdmag.ir/Roshdmag_content/media/article/12

امینی، یادگار، عرب زاده، امیرحسین، و امانی، وحید. (۱۳۹۹). *کج‌فهمی‌هایی در آموزش شیمی و راهکارهایی برای حذف آن‌ها* [مقالهٔ ارائه‌شده]. یازدهمین کنفرانس ملی آموزش شیمی ایران، اصفهان. https://civilica.com/doc/1137087

بدریان، عابد. (۱۳۹۵). بررسی تصورات و کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان پایهٔ سوم ابتدایی درباره پدیده‌های تبخیر و میعان. *مجله تعلیم و تربیت*، ۱۲۶(۲۳)، ۲۳-۳۷. https://qjoe.ir/article-1-144-fa.html

بدریان، عابد، و عبدی نژاد، طالب. (۱۳۹۲). بررسی تصورات ذهنی دانش‌آموزان سال اول دوره‌ی متوسطه در رابطه با ماهیت ذره‌ای ماده. *مطالعات برنامه درسی*، ۸(۲۹)، ۴۷ – ۷۲. https://www.magiran.com/paper/1260965

توکلی جز، زینب. (۱۳۹۲). *مطالعهٔ کج‌فهمی‌های مفاهیم پایهٔ شیمی کوانتوم و آنتروپی برای دانش‌آموزان دوره متوسطه (بررسی دیدگاه‌های دبیران)* [پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز].
https://ganj.irandoc.ac.ir/viewer/c5b7908c1b9dd96eb7fa3fe5e8369f1f?

حقّی، طاهره. (۱۳۹۵). *بررسی کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان پایهٔ سوم متوسطه مفهوم واکنش‌های شیمیایی* [مقالهٔ ارائه‌شده]. نهمین کنفرانس آموزش شیمی، دانشگاه زنجان. https://sid.ir/paper/844069/fa

خدایی، علیرضا، و عظمت، جعفر. (۱۳۹۹). بررسی کج‌فهمی‌های رایج دانش‌آموزان در مفاهیم مرتبط با پیوندهای شیمیایی. *پژوهش در آموزش شیمی*، ۱(۴)، ۷۳-۸۹. https://journals.cfu.ac.ir/article_1221_82718cf0deecf84d1a7f03c47fe2be7c.pdf

سعادتی، مسعود و نقی زاده سرابی، میرعلی. (۱۴۰۰). بررسی مطالعات انجام شده درباره کج‌فهمی‌های رایج دانش‌آموزان در مورد برخی مفاهیم متداول علوم تجربی دوره ابتدایی. *پژوهش در آموزش شیمی*، ۳(۲)، ۳۷-۵۲. https://chemedu.cfu.ac.ir/article_1828.html

شکرباغانی، اشرف السادات. (۱۳۹۴). مقایسه کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان سال سوم دبیرستان درباره مفاهیم الکتریسیته با دانشجویان کارشناسی و کارشناسی ارشد. *پژوهش در برنامه‌ریزی درسی*، ۱۲(۴۶)، ۱۱۷ -۱۲۷. https://journals.iau.ir/article_534393.html

عبدالله میرزائی، رسول، کوهی فائق، امرالله، و ارشدی، نعمت. (۱۳۹۴). کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان در یادگیری مفاهیم الکتروشیمی در دبیرستان. *نوآوری‌های آموزشی*، ۱۴(۴)، ۱۲۴-۱۴۹. https://noavaryedu.oerp.ir/article_79078_fe34d6cdd75cfd51e156c50b6d4fb0cd.pdf

عسگری، مریم. (۱۳۹۱). *بررسی اثربخشی الگوی تدریس تغییر مفهومی بر یادگیری مفاهیم الکتریسیته ساکن* [پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه آموزش فیزیک، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی]. https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/bea7be97fa1f75370560312e8767ae04/fulltext

غلامی، اعظم، و آذرهمایون، منیره. (۱۳۹۹). کشف کج‌فهمی‌های رایج دانش‌آموزان متوسطه دوم درباره مفاهیم پتانسیل غشاء و نقل و انتقالات غشایی در کتاب‌های زیست‌شناسی. *دو فصلنامه علمی-ترویجی راهبردهای نوین تربیت معلمان*، ۶(۹)، ۱۰۹-۱۳۰. https://dorl.net/dor/20.1001.1.26457156.1399.6.9.6.1

صمدی، افسانه. (۱۳۹۸). چالش‌های موجود در آموزش زیست‌شناسی و نقش خلاقیت در افزایش یادگیری آن. *فصلنامه علمی تخصصی پژوهش در آموزش زیست‌شناسی*، ۱(۱)، ۱۵-۳۰. https://bioedu.cfu.ac.ir/article_826.html

همتی، پرویز. (۱۳۹۶). *شناسایی ایده‌های دانش‌آموزان ابتدایی، متوسطه اول و دوم شهرستان کرج و شهریار در مفاهیم زیست‌شناسی و تبیین دلایل آن‌ها* [پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه آموزش زیست‌شناسی، پردیس شهید چمران تهران، دانشگاه فرهنگیان].
https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/5375eb3c2b83714def444542a2e61fb3/fulltext

کمالی، فاطمه و کریمی راد، راحله. (۱۳۹۷). *بررسی تأثیر روش تدریس همیاری بر سطح کیفی یادگیری مفاهیم علوم تجربی دانش‌آموزان و کاهش کج‌فهمی آن‌ها* [مقالهٔ ارائه‌شده] . پنجمین همایش علمی پژوهشی از نگاه معلم. https://civilica.com/doc/866546/download

مغیری نیا، رقیه، انارکی، اعظم، و حمیدی، فریده. (۱۳۹۲). *بررسی کج‌فهمی‌های دانش‌آموزان در مفهوم پیوندهای شیمیایی* [مقالهٔ ارائه‌شده]. هشتمین سمینار آموزش شیمی ایران، دانشگاه سمنان. https://sid.ir/paper/829259/fa

نوری، رضا، حسینی، امیرمسعود، و امانی، وحید. (۱۳۹۸). بررسی کج‌فهمی‌های رایج دانش‌آموزان دوره دوم متوسطه و دانشجو معلمان رشته آموزش شیمی در مفاهیم سینتیک شیمیایی، جرم اتمی، مول و انحلال‌پذیری و مقایسه آن‌ها با یکدیگر. *فصلنامه پویش در آموزش علوم پایه*، ۱۵(۵)، ۲۷-۳۷. https://journals.cfu.ac.ir/article_866.html

Allen, M. (2010). *Misconceptions in primary science*. Open University Press.

Ardiansah, M. M. (2018). Colleges Students' Misconception about Type of Bonding. *Malaysia Technical Universities Conference on Engineering and Technology (MUCET 2017), 150*, Article 05079. https://doi.org/10.1051/matecconf/201815005079

Buntine, M. A., Da Silva, K. B., Kable, S., Lim, K., Pyke, S., Read, J., & Yeung, A. (2020). Perceptions and Misconceptions about the Undergraduate Laboratory from Chemistry. Physics and Biology Academics.

International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education, 28(4), 1-15. https://openjournals.library.sydney.edu.au/CAL/article/view/14398/13218

Duban, N., Aydoğdu, B., & Yüksel, A. (2019). Classroom Teachers' Opinions on Science Laboratory. *Practices Universal Journal of Educational Research, 7*(3), 772-780. http://dx.doi.org/10.13189/ujer.2019.070317

Duda, H. J., & Wahyuni, F. R. E., & Setyawan, A. E. (2020). Misconception of the biology education students on the concepts of fermentation. *Journal of Physics Conference Series, 1521*(4), 1-7. http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1521/4/042006

Fadillah, A., & Salirawati, D. (2018). Analysis of misconceptions of chemical bonding among tenth grade senior high school students using a two-tier test. In Y. D. Jatmiko R. Azrianingsih, M. A. Pamungkas, A. Safitri, Nurjannah & C. Karim (Eds.), *The 8th Annual Basic Science International Conference: Coverage of Basic Sciences Toward the World's Sustainability Challanges* (vol. 2021, pp. 080002-1–080002). AIP Publishing. http://dx.doi.org/10.1063/1.5062821

Fuchs, T.T., Bonney, K.M., & Arsenault, M. (2021). Leveraging Student Misconceptions to Improve Teaching of Biochemistry & Cell Biology. *The American Biology Teacher, 83*(1), 5-11. http://dx.doi.org/10.1525/abt.2021.83.1.5

Gönen,S. & KoCakaya, S. (2010). A cross-age study on the understanding of heat and temperature. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education, 2*(1), 1-15. https://doi.org/10.51724/ijpce.v2i1.116

Halim,A.S., Finkenstaedt-Quinn, S. A., Olsen, L.J., Gere, A.R., & Shultz G.V. (2018). Identifying and Remediating Student Misconceptions in Introductory Biology via Writing-to-Learn Assignments and Peer Review. *CBE—Life Sciences Education, 17*(28), 1–12. https://doi.org/10.1187%2Fcbe.17-10-0212

Härmälä-Braskén, A.S., Hemmi, K., & Kurtén, B. (2020). Misconceptions in chemistry among Finnish prospective primary school teachers–a long-term study. *International Journal of Science Education, 42*(9), 1447-1464. http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2020.1765046

Jeffery, E., Nomme, K., Deane, T., Pollock, C., & Birol, G. (2016). Investigating the Role of an Inquiry-Based Biology Lab Course on Student Attitudes and Views toward Science. *CBE- Life Sciences Education, 15*(4), Article 61. https://doi.org/10.1187%2Fcbe.14-11-0203

Oliveira, H., & Bonito, J. (2023). Practical work in science education: a systematic literature review. *Front. Educ., 8,* 1-20. http://dx.doi.org/10.3389/feduc.2023.1151641

Pikoli, M. (2020). Using guided inquiry learning with multiple representations to reduce misconceptions of chemistry teacher candidates on acid-base concept. *International Journal of Active Learning, 5*(1), 1-10. https://www.learntechlib.org/p/216682/

Salyani, R., Nurmaliah, C., & Mahidin, M. (2020). Application of the 5E learning cycle model to overcome misconception and increase student learning activities in learning chemical bonding. *Journal of Physics: Conference Series, 1460*, Article 012102. http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1460/1/012102

Soeharto, S. & Csapo, B. (2021). Evaluating item difficulty patterns for assessing student misconceptions in science across physics, chemistry, and biology concepts. *Helion, 7*(11), Article e08352. http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08352

Suparno, P. (2013). Miskonsepsi dan Perubahan Konsep Dalam Pendidikan Fisika. Jakarta: Grasindo. *Journal Pendidikan Indonesia, 5*(2), 166-175. http://kin.perpusnas.go.id/DisplayData.aspx?pId=21361&pRegionCode=UNIKAMA&pClientId=717

Urey, M. (2018). Defining the Relationship between the Perceptions and the Misconceptions about Photosynthesis Topic of the Preservice Science Teachers. *European Journal of Educational Research, 7*(4), 813-826. https://doi.org/10.12973/eu-jer.7.4.813

پی‌نوشت‌ها

1. Allen
2. Gönen and KoCakaya
3. Buntine
4. Halim
5. Soeharto and Csapo
6. Duda
7. Duban
8. Supamo
9. Härmälä-Braskén
10. Pikoli
11. Fuchs
12. Urey
13. Fadillah and Salirawati
14. Ardiansah
15. Salyani et al
16. Oliveira and Bonito
17. Jeffery