

Perspectives on Quantum Science and Technology of the Future

B.H.S. Thimmappa

Alliance School of Sciences, Alliance University, Bangalore, Karnataka, India-562106
Email: thimmappa.bhs@allinace.edu.in, <https://orcid.org/0000-0002-0054-6973>

Received: 28.04.2025

Accepted: 18.08.2025

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc.1685989>

Abstract:

Quantum science and technology are increasingly recognised as critical areas of research and development with profound implications for various scientific fields and practical applications. Quantum science explains experimental observations of subatomic phenomena, thereby enhancing our fundamental understanding of the entire system of concepts based on the principles of quantum theory. Quantum computing has the potential to bring about a radical transformation in computational methods. The development of fundamental tools such as quantum chemistry, quantum cryptography, and quantum machine learning, along with advanced applications like quantum biology, quantum finance, quantum sensing, weather forecasting, and quantum space science, is expected to exert a significant global impact. This review provides a broad overview of developments and highlights the importance of research with diverse possible applications in the field, offering solutions across sectors.

Keywords: Quantum science, quantum technology, quantum computing, quantum sensors

Corresponding author: B.H.S. Thimmappa, Alliance University

INTRODUCTION

The United Nations has declared 2025 as the International Year of Quantum Science and Technology (IYQ). It is a global initiative designed to celebrate the past (100th anniversary), increase public awareness of the importance of quantum science and its applications, and plan for the future of quantum technology for the benefit of mankind (IUPAC, 2025). Quantum mechanics, quantum computing, materials science (including superconductors and quantum dots), and quantum communications are the major branches of study. The primary reactions in photosynthesis (light-harvesting), enzyme-

catalysed processes, brain function, olfaction, and avian magnetoreception can be explained using the principles of quantum theory. Quantum theory, as an emergent framework, explains semiconductor electronics, superconductors, lasers, spectral lines, the photoelectric effect, and blackbody radiation (Bongaarts, 2015; Schleich et al., 2016; Wang et al., 2020;). The molecular dynamics, chemical kinetics, ultra-fast molecular transitions, and molecular orbitals can be described by quantum mechanics. It is essential to rebuild trust in science, encourage quantum science education and training opportunities, and promote investment in quantum research activities to boost research and development in the emerging field. The objective of this paper is to present an overview of an emerging field of quantum science and technology based on conventional knowledge and a qualitative survey of recent advancements and workforce requirements. The scope of the manuscript encompasses perspectives on a wide range of multidisciplinary topics and is expected to have a lasting impact on various technologies and industries. This paper is organised in the following sections: introductory inputs, activating the archives, quantum science in everyday life, future technological developments, public awareness and education, quantum progress perspectives, rewiring the quantum workforce, establishing a quantum ecosystem, and concluding comments.

Activating the Archives

In this section, we examine the early development of quantum science, which contributed significantly to the evolution of our understanding of the quantum world. Quantum mechanics deals with microscopic entities such as atoms, molecules, ions, solids, nuclei, and electrons (particles) and can explain the photoelectric effect, blackbody radiation, atomic spectra, and the Compton effect (Le Bellac, 2011; Levine, et.al, 2009). The method consists of finding the wave function of a particle or a system with discrete states on a microscopic scale. The absorption, emission, and stimulated emission of photons occur when their quantum energy matches the energy gap between the initial and final states. The energy of oscillating particles in matter is quantised. Quantum is the smallest discrete unit of a phenomenon, such as a photon for light or an electron for electricity. Light is always absorbed or emitted in discrete amounts of energy, and only the probability of physically observable events is predictable. Quantum physics studies particles at the atomic or subatomic levels, explaining their wave-particle duality and the unique interactions of photons and matter. The timeline of major milestones in quantum science is shown in Table 1.

Table 1*Timelines of significant developments in quantum science (Peacock 2007)*

Year	Description
1900	Concept of quantized energy to explain blackbody radiation
1905	Photoelectric effect explanation (wave-particle duality)
1909	Single-photon interference demonstration
1913	Atomic model
1924	Wave nature of matter
1925	Matrix mechanics formulations
1926	Wave mechanics development
1927	Uncertainty principle
1927	Wave-like behaviour of electrons
1950	Quantum electrodynamics
1982	The idea of quantum computing
1994	Algorithm to revolutionise cryptography
2001	Shor's algorithm on a 7-qubit quantum computer
2019	Quantum computer performing complex calculations
2025	Research and developmental activities

The quantum numbers specify the properties of atomic orbitals and electrons in orbitals (Piela, 2013). Four quantum numbers, principal (n), azimuthal (angular) (l), magnetic (m), and spin (s) quantum numbers, are used to differentiate between electrons in an atom. The principal quantum number gives the size of the electron orbital, and the azimuthal quantum number provides the shape of the electron orbital. The orientation/disposition of an electron orbital is given by the quantum number, while the spin quantum number gives the electron spin. The principal quantum number labels the electron energy level or shell number, and possible values are $n = 1, 2, 3, \dots$. The azimuthal quantum number indicates the orbital type, such as s, p, d, f , depending on $l = 0, 1, 2, \dots, n-1$. The magnetic quantum number m suggests the orbital subtype and can have values between $+l, \dots, -1, 0, 1, \dots, -l$ (integers). The spin quantum number indicates the electron spin values of $\pm 1/2$ (up or down). These quantum numbers can describe the energy, angular momentum, and spin of an electron and explain atomic structure and properties.

The energy of a molecule consists of translational, rotational, vibrational, and electronic energy (Di Lauro, 2020; Yardley, 2012). Translational energy is a small amount of energy stored as kinetic energy. In theory, it is quantised, but the quantum effects are so small that they are not observable in practice. The rotational (kinetic energy

associated with the tumbling motion of molecules), vibrational (oscillatory motion of atoms or groups within a molecule), and electronic (energy associated with electronic transitions - absorption/emission) energy are quantised and have definite rotational/vibrational/electronic energy levels. The spacing between the quanta of the energy level for different motions is different. Molecular energy has broad implications, and it can affect material properties, chemical reactions, the structure of molecules, and the behaviour of organic devices. Molecular kinetic energy (MKE) directly impacts phases (solid/liquid/gas) and phase transitions involving their movement and interactions. Molecular energy levels play a crucial role in the electrical conductivity and electronic properties of semiconductor and thin film materials. The energy absorbed/emitted by molecules during electronic transitions determines their optical properties and color.

Molecular potential energy (MPE) with specific bonds and a particular geometric structure determines its stability. The activation energy required to break and make bonds dictates the reaction rates. The energy landscape of a reaction determines the possible reaction trajectories and final products. Molecular energy is fundamental to understanding the thermodynamics of chemical processes, including entropy, enthalpy, and Gibbs free energy. The MPE determines the stability of different conformations and isomers. Molecular rotations and vibrations can only exist at specific energy levels (quantised). Studying molecular energy levels through ultraviolet-visible, infrared, and Raman spectroscopy provides scientifically meaningful information about molecular structure and dynamics. Molecular energy levels (ionisation energy and electron affinity) are essential for optimising charge transfer in organic solar cells. They are crucial for designing charge-transport and emission layers in organic light-emitting diodes (OLEDs). Molecular orientations in thin films can significantly impact energy levels and electronic device performance.

Quantum Science in Everyday Life

Quantum science is deeply intertwined with the fabric of everyday life (Carroll, 2022; Grandy, 2010; Vedral, 2011). We can explain how plants capture sunlight to convert it into energy through photosynthesis. Even the color of the sky is explained by a quantum mechanical effect of the scattering of sunlight by air molecules, which causes the sky to appear blue. The glow of hot objects, such as a toaster or light bulb filament, is due to the quantum mechanical effect of electrons emitting light at certain wavelengths. The quantum tunnelling effect is believed to play a role in some enzymatic reactions. Superconductivity and superfluidity phenomena are macroscopic manifestations of quantum mechanics. Quantum processes in birds' brains might contribute to their ability to navigate long distances. Quantum mechanics provides a deeper understanding of the universe, revealing the underlying principles that govern the behaviour of matter and

energy at the smallest scales. Insights on how the universe works at the tiniest level help us understand the natural world.

Quantum science plays a crucial role in modern electronics, medical imaging, and lasers. The operation of everyday electronics such as transistors and microchips relies on the quantum mechanical behaviour of electrons in semiconductors. Light-emitting diodes (LEDs), found in devices from screens to lighting bulbs, emit light based on quantum electronic transitions within the material. Microprocessors, crucial components in computers, rely on the quantum mechanical properties of materials to function. Magnetic Resonance Imaging (MRI) machines use the quantum phenomenon of nuclear magnetic resonance (proton NMR) to generate detailed images of internal organs, aiding in medical diagnosis. Medical lasers used in various procedures, including surgery and vision correction, utilise the quantum principle of stimulated emission. Electron microscopy utilises quantum mechanics to understand the structure of materials at the atomic level, which is crucial in materials research. Lasers, which are used in everything from barcode scanners to laser pointers, are a direct application of quantum mechanics. It is fundamental to the operation of fiber optic cables, enabling high-speed data transmission. Highly accurate atomic clocks used in Global Positioning Systems (GPS) systems rely on the atomic quantum properties to maintain their precise timekeeping. Quantum cryptography offers the potential for unbreakable encryption methods where the key information is sent using polarised photons. Semiconductor chips in smartphones rely on quantum mechanics to control the flow of electrons, enabling data processing and storage. In essence, quantum science provides the underlying principles that make these technologies possible and efficient.

Future Technological Developments

Quantum science is poised to revolutionise numerous industries through advancements in computing, sensing, and communication (Coccia, 2022; García de Arquer et al., 2021; Hossain, 2023; Möller & Vuik, 2017). Quantum computers faster than classical ones could solve complex numerical problems, impacting fields like drug discovery and materials science. Quantum simulations can model molecular interactions with unprecedented accuracy, accelerating the development of new drugs and therapies. Quantum computing can aid in the design of new materials with tailored structure and properties, potentially leading to breakthroughs in energy storage and catalysis. Quantum sensors promise breakthroughs in medical imaging, navigation, and environmental monitoring. Highly detailed images of the brain and body structures can revolutionise the diagnostics and treatment of complex neurological disorders. A more accurate and robust navigation system can overcome the limitations of GPS. Secure communication channels based on quantum entanglement, unbreakable encryption

through quantum key distribution (QKD), could become a reality, enhancing cybersecurity. Quantum sensors can be used for precise measurement of diverse environmental parameters, contributing to precise weather forecasting, climate monitoring, and precision agriculture. Quantum computing as a service will allow businesses to access quantum processing power without large upfront investments. Building a quantum internet would allow for secure and instantaneous communication between quantum computers and other devices. Military applications include developing advanced military hardware, such as autonomous systems and sensors. These examples of anticipated future breakthroughs, including quantum-enhanced AI and advanced quantum sensing, indicate the potentially powerful impacts of quantum science in various fields. Research continues in quantum computing, quantum cryptography, communication, sensing, and other quantum technologies, with significant investments and developments in hardware and algorithms.

Quantum computers, which utilise qubits that can exist as one, zero, or both simultaneously (superposition), enable fast parallel calculations. Quantum communication uses these qubits and the special properties of quantum systems, like superposition and entanglement, to transmit information securely and enhance communication protocols like QKD, quantum dense coding, and teleportation (Singh et al., 2020; Luo et al., 2023). It is useful in modern unbreakable encryption, digital healthcare, data security, and cybersecurity. Research is underway on quantum repeater protocols to enable long-distance quantum communication and their application to improve 6G mobile networks. Quantum science and technology have many applications including electronics (transistors), medical imaging (MRI scanners), quantum computing in financial modeling, drug development, weather forecasting, quantum sensing technologies, disaster management (tsunamis, droughts, earthquakes, floods), climate change data collection, quantum simulators, ultra-precise measuring devices (magnetometers, gyroscopes, interferometers), and squeezed light to detect gravitational waves (Oi et al., 2017; Schleich et al., 2016; Wang & Song, 2020). In summary, quantum technology has applications in research in fundamental physics, secure communications, disaster management, aerospace engineering, pharmaceuticals, cybersecurity, advanced manufacturing, and weather prediction (Acín et al., 2018). Applications of quantum mechanics in various modern sciences include quantum materials, quantum optics, quantum sensors, quantum computing, next-generation AI, and quantum cryptography.

Quantum dots, wires, and wells are nanostructures that exhibit quantum confinement in all three dimensions (0D system), in two dimensions (1D system), and in one dimension (2D system), respectively (Harrison & Valavanis, 2016). Quantum confinement is the trapping of particles and restricting their motion [confinement: 3 (x, y, z)]. Quantum

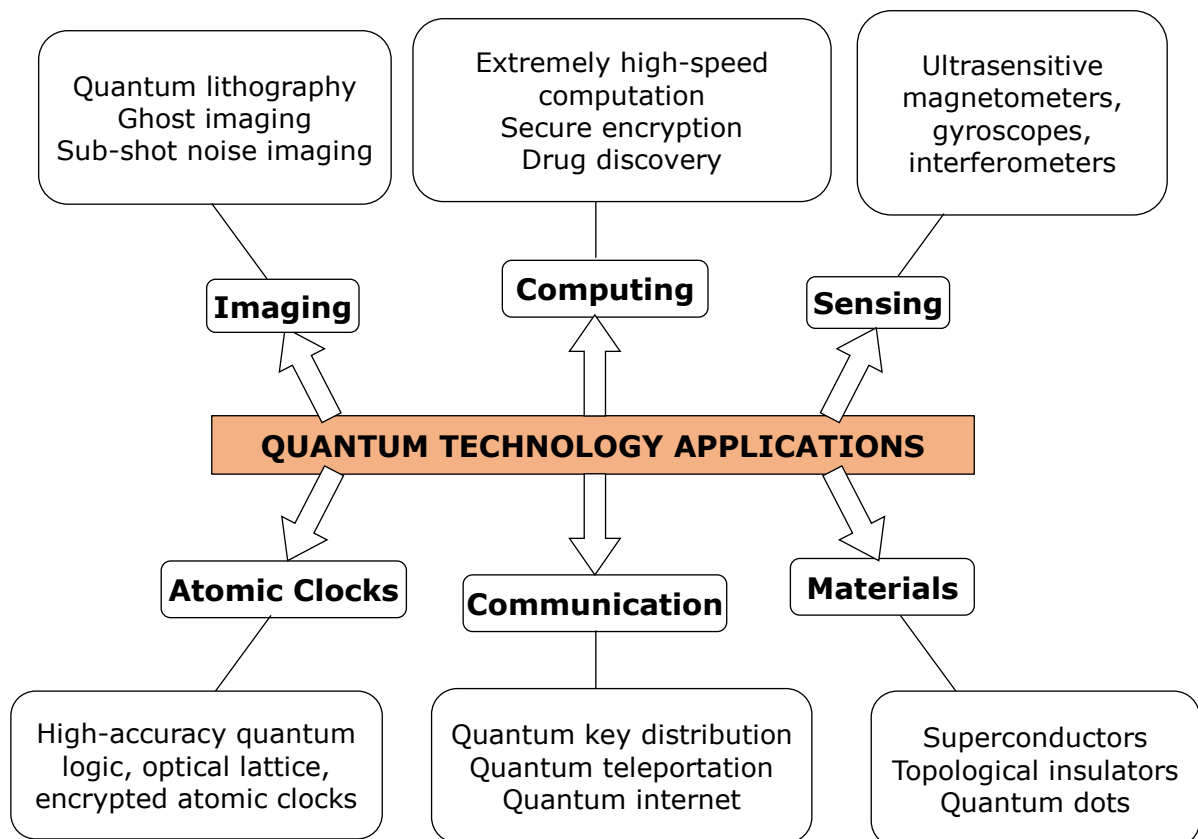
dots contain electrons and holes confined within a limited volume and exhibit semiconducting behaviour because of their small size. Quantum wires act as a potential well, confining electrons and holes in two dimensions [confinement: 2 (x, y)]. Quantum wells transmit electrons of any energy above a certain level [confinement: 1 (z)]. The drastic changes in properties in such ultrasmall structures are observed because of the quantum-mechanical nature compared to the corresponding bulk structure (3D system) [confinement 0]. The extreme case of the size reduction process in which all three dimensions reach the nanometer range (1-100 nm) is called a quantum dot. If only two dimensions are so reduced while one remains large, the resulting structure is called a quantum wire. Suppose one dimension is reduced to a nanosize, a quantum well structure results. Based on the spatial distribution of preformed nanoparticles, we can have 0 (clusters), 1 (nanotubes, fibers, rods), 2 (thin films, coats), and 3 (polycrystals) dimensional nanomaterials that exhibit remarkable properties due to inherent nanostructures (Paras et al., 2022; Ross et al., 2016; Yang et al., 2021). Examples of nanomaterials in products include automobiles, clothes, textiles, electronics, toys, cosmetics, sports items, food additives, pharmaceuticals, and household products. The remarkable difference in the properties of nanomaterials compared to corresponding bulk materials is due to the size effect. For instance, opaque to transparent in copper, inert to catalysts in platinum, stable to combustible in aluminum, solid to liquid in gold, and insulator to conductor in silicon is because of their nano-size.

A quantum state of matter is an arrangement of particles describing their interactions with each other. Superconductivity and Bose-Einstein condensate are some examples of this state of matter. They can be exotic and extreme, including room-temperature superconductors, diamonds, and novel semiconductors that can reveal more about the phenomena in the multiverse. Quantum sensing technology using quantum systems to collect motion data, electric/magnetic fields, and imaging has many applications in healthcare, civil, and military areas. Two molecules, photons, or electrons can become entangled to remain connected even when separated by large distances (quantum entanglement). The use of 'magic wavelength optical tweezers' to create a highly stable environment that supports long-lasting quantum entanglement of molecules paves the way for next-generation quantum technology. The modern states of matter include quantum spin liquid, a disordered state that preserves its disorder even at very low temperatures, supersolid state in which a solid can move without friction but retains a fixed shape, string-net fluid state in which atoms have an unstable arrangement like a liquid but have a pattern of solid, and heavy Fermion material state of a specific state of the intermetallic compound, containing elements with 4f electrons in vacant orbitals. The advancements in quantum biology may play a role in DNA mutations and can lead to groundbreaking research in biomedical sciences. Further research on colloidal quantum

dots, quantum information technologies, quantum encryption, and quantum beam science could lead to major breakthroughs and disruptive innovations soon. Major application areas of quantum technology are summarised in Figure 1.

Figure 1

Major application areas of quantum technology



Public Awareness and Education

Public awareness and education initiatives are crucial for fostering a deeper understanding and relevance of quantum science and technology (Gutorov et al., 2025; Holincheck et al., 2024; Seskir et al., 2024). The IQ-2025 aims to increase public awareness of its importance through various events and activities worldwide. The IQ will include the setting up of four thematic hubs in academic and national research and development institutes on quantum computation, quantum communication, quantum sensing and metrology, and quantum materials and devices, with broad support from the international scientific community and national governments. These efforts involve making quantum science more accessible and understandable to a wider audience,

including those outside the scientific community. Emphasising the impact of quantum science on everyday technologies like smartphones, computers, and magnetic resonance imaging (MRI) can make it more relatable. Encouraging participation from diverse groups, including women and those from developing countries, is essential for building a more inclusive quantum future. Social media events, conducting quizzes/puzzle games on quantum concepts, faculty development programs, research collaborations, developing quantum curricula, developing online/offline educational resource materials, faculty exchange programs, public lectures and talks, global education fair/expo, and workshops on quantum-related fields are all essential for advancing quantum education. Public awareness and quantum literacy campaigns, technical exhibitions, and outreach activities in quantum technologies can spark curiosity and encourage individuals to learn more about quantum technologies. Higher education initiatives like incorporating quantum science courses in various science/engineering disciplines can help build a skilled quantum workforce for the future. Introducing learners to different perspectives and diverse experiences enhances intellectual capabilities, leadership qualities, and critical thinking processes in higher education institutions. Quantum knowledge initiative with the best policies, overall quality education process, and the right trajectory could be the game changer of the future. Understanding quantum science can lead to a greater appreciation for its potential in addressing global challenges like healthcare and climate change.

Quantum Progress Perspectives

Quantum mechanics (QM) reveals that matter and energy exist in discrete packets called quanta (Kramers, 2018). Subatomic particles exhibit wave-particle duality. There is uncertainty in the precise determination of position and momentum simultaneously. Two or more particles can become entangled and share the same fate, though they are far apart. Quantum technologies include lasers, transistors, medical imaging, quantum computing, quantum optics, quantum condensed matter physics, quantum information theory, device engineering, quantum simulation, and quantum sensors. They have applications in fields like communication, manufacturing, medicine, modern electronics, MRI, computation, and precise and sensitive sensors for measuring various physical parameters (Schleich et al., 2016). Quantum field theory combines quantum mechanics with special relativity to describe the fundamental forces and particles of nature (Peskin, 2018). Modern perspectives explore its profound implications for understanding the multiverse.

Modern research areas include quantum chemistry, quantum gravity, topological insulators and superconductors, quantum materials, quantum dynamics, simulating molecular systems, and quantum information. Quantum technologies include quantum

sensors, quantum metrology, quantum imaging, and quantum gravity. Further research on high-temperature quantum superconducting materials and exploring their unique properties deepens the understanding of underlying mechanisms and paves the way for synthesising a broader class of such special materials with practical applications in modern electronics and energy-efficient technologies (Yao & Ma, 2021). Recent advances include new quantum particles (fractional excitons), progress in quantum entanglement, logical qubits (– 0, 1, or a mixture of both at the same time), quantum computing with advancements in qubit technology and quantum algorithms, quantum testing, cryptography, secure and reliable communications, quantum statistics, and quantum sensors. New advancements in microelectronics, quantum computing, and quantum communication are paving the way for a deeper understanding of the quantum world. These advancements include energy-efficient microelectronic devices, quantum computer operating systems, and quantum machine clusters for high-end computation. Additionally, techniques like redox gating, intracellular sensing and mapping, sophisticated error mitigation, quantum satellite links, quantum magnetism, and quantum spin models from nanographene are also contributing to this progress (Mohseni et al., 2017).

The role of water in supporting life involves its role as a universal solvent to dissolve a wide range of substances essential for biochemical reactions, temperature regulation with its high specific heat capacity, and important nutrient transport in cells to thrive (Thimmappa, 2023). Water is also present in various forms in subsurface oceans and exoplanets, suggesting the possibility of extraterrestrial life. At the quantum level, molecules of water exhibit phenomena such as superposition, where they exist in multiple rotational and vibrational states simultaneously, and quantum entanglement occurs between water molecules through hydrogen bonds. Superconductors and quantum dots can be joined to make hybrid devices for quantum simulation in the solid state, quantum computing, and electrical power generation. They can also create transistors, tunable couplings, spin-photon couplings, and electrical qubit driving (De Franceschi et al., 2010; Van Dam, et.al., 2006). Quantum time travel breakthrough research enables scientists to reverse the flow of time, and it is possible to control (speed up, slow down, or reverse) tiny particles (photon/electron) within quantum systems (qubit) in real time (Baumeler et al., 2019; Phillips, 2025). A rewind protocol in quantum processors can be used to reverse unwanted errors, saving time and energy. The application of quantum computing principles and techniques to improve the performance and capabilities of AI algorithms, using superposition and entanglement properties, is an emerging field to solve complex numerical problems. Recent research reveals that compact metasurfaces can act as powerful building blocks for scalable quantum optical networks and could offer 'lab-on-a-chip' capabilities for basic science (Yousef et al.,

2025). Gold nanoclusters can mimic gaseous trapped atoms in quantum performance, offering scalable and tunable building blocks for next generation quantum computers and a variety of quantum applications using spin polarisation property (Foxley et al. 2025; Smith et al., 2025).

Establishing a Quantum Ecosystem

Building a coherent and robust quantum ecosystem based on the firm foundations of the evolution of quantum science, its present trajectory, and its applications in strategic sectors such as healthcare, hardware, electronics, defence, computing, advanced manufacturing, nanotechnology, cognitive technology, and biotechnology has the potential for startups in quantum technologies. Building portable cardiac scanners, cellular-level cancer simulation/drug lifecycle modeling, molecular understanding of drug pathways, 3D heart mapping, ultra-sensitive cardiac quantum sensors, and other portable diagnostic tools leads to a new era of predictive, curative, and safer healthcare. Quantum roadmap must include talent hunt and quantum skill development, research and development infrastructure, cross-sector collaboration, nurturing quantum/deep-tech startups, industry-institute partnerships, and strong policy support. Quantum skilling educational programs (quantum education) in higher education institutions/universities to build a technical future workforce in software, hardware, and applied research. Teachers must be trained in quantum content teaching methods and a dedicated quantum teaching center to give a flavour of the quantum system should be established across the world. Access to a variety of tools, diverse pedagogical practices, 21st-century learning materials, proactive learner engagement, and contextually relevant education policy would pave the way for quantum knowledge production. Initiatives aimed at public awareness and promoting quantum literacy, including educational programs, exhibitions, and outreach activities, would add value, and the global quantum calendar can extract tangible gains in decoding the language of the quantum world. Private-public partnerships in quantum research and a uniform quantum education framework for all nations can eventually bring dreams into reality. Breakthrough innovations in this strategic frontier field and quantum solutions fundamentally transform the way the global industries solve their most complex challenges. Key enablers include single window regulatory clearances, allocation of land and licenses for industrial activities, stamp duty concession/exemption, continuous power supply, skilled manpower, physical infrastructure, good connectivity, and tax holiday for formative years.

Rewiring Quantum Workforce

The driving force for the quantum workforce is the increasing relevance and latest technological advancements in the emerging field of quantum technologies and changing demands (Aiello et al., 2021; Hughes et al., 2022; Gerke et al., 2022; Greinert et al.,

2023; Kaur & Venegas-Gomez, 2022). It requires a well-educated and skilled workforce trained in quantum hardware and software, and other relevant quantum topics, as it moves from research laboratories to industrial applications. Quantum computing, with a projected market size of 8.6 billion USD by 2027, will experience rapid growth and a big economic impact in diverse sectors. Corporations are investing billions of dollars to develop and commercialise quantum technologies fully. Higher education must be geared up to provide quantum literacy education through structured learning programs, more interactive and engaging content, and specialised skills with an interdisciplinary approach involving physics, computer science, mathematics, and engineering. Building and nurturing a quantum workforce for a quantum computing revolution requires a national and global strategic plan fast enough to avoid severe shortages or quantum winter in the quantum workplace.

Interdisciplinary collaboration of communicators, business developers, policymakers, technicians, physicists, and engineers, and continuous learning will be crucial to bridge the knowledge gap between different disciplines. Quantum researchers, engineers, technicians, software developers, business developers, communicators, and policymakers - all require a strong foundation in quantum mechanics to make a meaningful difference. Addressing the multi-faceted ethical and societal implications of quantum technology is vital in powering sustainable progress (Aboy et al., 2025). Thus, theoretical background, practical applications, and soft skills are essential for the future of the quantum workforce. Investment in setting up a practical computing laboratory and a 'national mission on quantum technologies and applications is needed to tap the vast potential unfolding beyond the limits of classical computers. Outcome-focused incentives to attract research talent from across the globe are required to thrive in quality quantum research outputs. Further financial support and contributions/advancements in this emerging field of the quantum world will shape the future of strategic applications and human resources. It is essential to leverage advanced technologies to provide actionable insights to power businesses in real-time and create an ecosystem where individual interests are aligned with the best-in-class and tailor-made solutions for larger projects. It is important to stay updated on the latest technological advancements and shape young minds for a sustainable quantum future, reflecting a commitment to creating a positive and enduring impact on society.

CONCLUSIONS

A qualitative study on the impact of quantum science and technology involving adoption, challenges, and strategic applications will provide more valuable insights into the emerging field. Answering the W's, including quantum science explanation (what), history and future of quantum science (when), applications to nanomolecules/nanomaterials (where), advantages of using it in molecular design (why), enabling quantum technologies including products, processes, and systems (how) will provide deeper insights into quantum science and technology. Quantum mechanics successfully explains the properties of microscopic particles, and we have witnessed spectacular advances in chemistry, physics, biology, and medicine to transform our world. The rapidly advancing quantum science and technology have the potential to redefine the industrial landscape, lead to innovations in materials science, and improve quality of life. The ability to assemble large atom arrays quickly (milliseconds), free of any defects, and reliably opens up new trajectories toward building a sustainably faster and scalable modern quantum computer. In the context of education, a constructive global strategic perspective that emphasises the role of quantum education in balancing human experience and development, particularly in the context of the changing dimensions of research, is essential.

Quantum computing can lead to a paradigm shift in data analysis faster than classical computers and threat detection via more secure quantum encryption techniques. Quantum technologies can provide solutions to sustainable energy, faster information transmission, medical diagnostics, climate change monitoring, and geological exploration. Recently, prominent technology firms have started investing in the applications of quantum technologies. There is a gap between research advancements and commercial applications, and academia and industry. It is challenging to create an innovative ecosystem in quantum technology, fostering collaboration between academic institutions and industries, and advanced training to generate human power for teaching and research in this modern age of quantum mechanics. Recent developments in the field include quantum-centric computers to simulate quantum chemistry, the use of artificial intelligence to solve challenges in quantum chemistry, setting the stage for quantum chemistry in space, and using high-performance quantum computing to advance drug discovery.

Conflict of Interest Declaration

The author has not declared a potential conflict of interest during the research, authorship, and publishing of this article.

Support / Financing Information

The author has not received any financial support during research, authorship, and publishing of this article.

Ethical Committee Decision / Permission

Not Applicable

Kuantum Bilimi ve Teknolojisinin Geleceğine Yönelik Perspektifler

B.H.S. Thimmappa

Alliance School of Sciences, Alliance University, Bangalore, Karnataka, India-562106
Email: thimmappa.bhs@allinace.edu.in, <https://orcid.org/0000-0002-0054-6973>

Gönderme Tarihi: 24.04.2025

Kabul Tarihi: 18.08.2025

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc.1685989>

Özet:

Kuantum bilimi ve teknolojisi, çeşitli bilimsel alanlar ve pratik uygulamalar üzerinde derin etkileri olan kritik bir araştırma ve geliştirme alanı olarak giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Kuantum bilimi, atom altı olgulara ilişkin deneysel gözlemleri açıklayarak kuantum teorisinin ilkelerine dayalı kavramsal sistemin tamamına dair temel anlayışımızı geliştirmektedir. Kuantum hesaplama, hesaplama yöntemlerinde köklü bir dönüşüm yaratma potansiyeline sahiptir. Kuantum kimyası, kuantum kriptografisi ve kuantum makine öğrenimi gibi temel araçların geliştirilmesi; kuantum biyolojisi, kuantum finansı, kuantum algılama, hava tahmini ve kuantum uzay bilimi gibi ileri uygulamalarla birlikte, önemli bir küresel etki yaratması beklenmektedir. Bu kısa derleme, alandaki gelişmelere geniş bir bakış sunmakta ve çeşitli olası uygulamalarla araştırmaların önemini vurgulayarak farklı sektörlerde çözümler üretme potansiyelini ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Kuantum bilimi, kuantum teknolojisi, kuantum hesaplama, kuantum sensörler

Sorumlu yazar: Dr. B.H.S. Thimmappa

REFERENCES

- Aboy, M., Gasser, U., Cohen, I. G., & Kop, M. (2025). Quantum technology governance: A standards-first approach. *Science*, 389(6760), 575-578. <https://doi.org/10.1126/science.adw0018>
- Acín, A., Bloch, I., Buhrman, H., Calarco, T., Eichler, C., Eisert, J., & Wilhelm, F. K. (2018). The quantum technologies roadmap: A European community view. *New Journal of Physics*, 20(8), 080201. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/aad1ea>
- Aiello, C. D., Awschalom, D. D., Bernien, H., Brower, T., Brown, K. R., Brun, T. A., & Zwickl, B. M. (2021). Achieving a quantum smart workforce. *Quantum Science and Technology*, 6(3), 030501. <https://doi.org/10.1088/2058-9565/abfa64>
- Baumeler, Ä., Costa, F., Ralph, T. C., Wolf, S., & Zych, M. (2019). Reversible time travel with freedom of choice. *Classical and Quantum Gravity*, 36(22), 224002. <https://doi.org/10.1088/1361-6382/ab4973>
- Bongaarts, P. (2015). Quantum Theory. *A Mathematical Approach*.
- Carroll, S. M. (2022). The quantum field theory on which the everyday world supervenes. In *Levels of Reality in Science and Philosophy: Re-Examining the Multi-Level Structure of Reality*, Cham: Springer International Publishing, 27-46. https://doi.org/10.1007/978-3-031-02607-5_2
- Coccia, M. (2022). New directions in quantum technologies. *J. Econ. Bib*, 9(1), 21-39. <https://doi.org/10.46476/jeconbib.v9i1.19>
- De Franceschi, S., Kouwenhoven, L., Schönenberger, C., & Wernsdorfer, W. (2010). Hybrid superconductor-quantum dot devices. *Nature Nanotechnology*, 5(10), 703-711. <https://doi.org/10.1038/nnano.2010.173>
- Di Lauro, C. (2020). *Rotational Structure in Molecular Infrared Spectra*. Elsevier.
- Foxley, J., Tofanelli, M., Knappenberger, J. A., Ackerson, C. J., & Knappenberger Jr, K. L. (2025). Diverse Superatomic Magnetic and Spin Properties of Au₁₄₄ (SC₈H₉)₆₀ Clusters. *ACS Central Science*. 11(8) 1329-1335. <https://doi.org/10.1021/acscentsci.5c00139>
- García de Arquer, F. P., Talapin, D. V., Klimov, V. I., Arakawa, Y., Bayer, M., & Sargent, E. H. (2021). Semiconductor quantum dots: Technological progress and future challenges. *Science*, 373(6555), eaaz8541. <https://doi.org/10.1126/science.aaz8541>
- Gerke, F., Müller, R., Bitzenbauer, P., Ubben, M., & Weber, K. A. (2022). Requirements for Future Quantum Workforce - A Delphi study. In *Journal of Physics: Conference*

- Series, IOP Publishing, 2297(1), 1-8. 012017. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2297/1/012017>
- Grandy, D. A. (2010). *Everyday Quantum Reality*. Indiana University Press.
- Greinert, F., Müller, R., Bitzenbauer, P., Ubben, M. S., & Weber, K. A. (2023). Future Quantum Workforce: Competences, requirements, and forecasts. *Physical Review Physics Education Research*, 19(1), 010137. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.010137>
- Gutorov, I., Gorelova, I., Bellini, F., & D'Ascenzo, F. (2025). Quantum for all: Using social media to raise public awareness of quantum technologies. *Information*, 16(5), 375. <https://doi.org/10.3390/info16050375>.
- Harrison, P., & Valavanis, A. (2016). *Quantum wells, wires and dots: Theoretical and computational physics of semiconductor nanostructures*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118923337>
- Holincheck, N., Rosenberg, J. L., Zhang, X., Butler, T. N., Colandene, M., & Dreyfus, B. W. (2024). Quantum science and technologies in K-12: Supporting teachers to integrate quantum in STEM classrooms. *Education Sciences*, 14(3), 219.
- Hossain, K. A. (2023). The potential and challenges of quantum technology in the modern era. *Scientific Research Journal*, 11(6) 41-49. <http://doi.org/10.31364/SCIRJ/v11.i6.2023.P0623953>
- Hughes, C., Finke, D., German, D. A., Merzbacher, C., Vora, P. M., & Lewandowski, H. J. (2022). Assessing the needs of the quantum industry. *IEEE Transactions on Education*, 65(4), 592-601. <https://doi.org/10.1109/TE.2022.3153841>
- International Union of Pure and Applied Chemistry (2024 October). *International Year of Quantum Science and Technology*. <https://iupac.org/the-international-year-of-quantum-science-and-technology-2025/>
- Kaur, M., & Venegas-Gomez, A. (2022). Defining the quantum workforce landscape: A review of global quantum education initiatives. *Optical Engineering*, 61(8), 081806. <https://doi.org/10.1117/1.OE.61.8.081806>
- Kramers, H. A. (2018). *Quantum Mechanics*. Courier Dover Publications.
- Le Bellac, M. (2011). *Quantum Physics*. Cambridge University Press, 513.
- Levine, I. N., Busch, D. H., & Shull, H. (2009). *Quantum Chemistry*, Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 6th Edition.

- Luo, W., Cao, L., Shi, Y., Wan, L., Zhang, H., Li, S., & Liu, A. Q. (2023). Recent progress in quantum photonic chips for quantum communication and internet. *Light: Science & Applications*, 12(1), 175. <https://doi.org/10.1038/s41377-023-01173-8>
- Mohseni, M., Read, P., Neven, H., Boixo, S., Denchev, V., Babbush, R., & Martinis, J. (2017). Commercialize quantum technologies in five years. *Nature*, 543(7644), 171-174. <https://doi.org/10.1038/543171a>
- Möller, M., & Vuik, C. (2017). On the impact of quantum computing technology on future developments in high-performance scientific computing. *Ethics and Information Technology*, 19(4), 253-269. <https://doi.org/10.1007/s10676-017-9438-0>
- Oi, D. K., Ling, A., Grieve, J. A., Jennewein, T., Dinkelaker, A. N., & Krutzik, M. (2017). Nanosatellites for quantum science and technology. *Contemporary Physics*, 58(1), 25-52. <https://doi.org/10.1080/00107514-2016-1235150>
- Paras, Yadav, K., Kumar, P., Teja, D. R., Chakraborty, S., Chakraborty, M., & Hang, D. R. (2022). A review on low-dimensional nanomaterials: Nanofabrication, characterization, and applications. *Nanomaterials*, 13(1), 160. <https://103390/nano13010160>
- Peacock, K. A. (2007). *The quantum revolution: A historical perspective*. Bloomsbury Publishing USA.
- Peskin, M. E. (2018). *An Introduction to Quantum Field Theory*. CRC Press.
- Phillips, R. (2025). *Dismantling the Master's Clock: On Race, Space, and Time*. AK Press.
- Piela, L. (2013). *Ideas of Quantum Chemistry*. Elsevier.
- Ross, M. B., Mirkin, C. A., & Schatz, G. C. (2016). Optical properties of one-, two-, and three-dimensional arrays of plasmonic nanostructures. *The Journal of Physical Chemistry C*, 120(2), 816-830.
- Schleich, W. P., Ranade, K. S., Anton, C., Arndt, M., Aspelmeyer, M., Bayer, M., & Zoller, P. (2016). Quantum technology: From research to application. *Applied Physics B*, 122(5), 130. <https://doi.org/10.1007/s00340-016-6353-8>
- Seskir, Z. C., Goorney, S. R., & Chiofalo, M. L. (2024). Educating to the "Culture" of quantum technologies: A survey study on concepts for public awareness. *European Journal of STEM Education*, 9(1), 3. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/14193>
- Singh, S. K., El Azzaoui, A., & Salim, M. M. (2020). Quantum communication technology for Future ICT- Review. *Journal of Information Processing Systems*, 16(6). <https://doi.org/10.3745/JIPS/03.0154>

- Smith, N. L., Herbert, P. J., Tofanelli, M. A., Knappenberger, J. A., Ackerson, C. J., & Knappenberger Jr, K. L. (2025). The influence of passivating ligand identity on Au₂₅ (SR) 18 spin-polarized emission. *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 16(20), 5168-5172. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcllett.5c00723>
- Thimmappa, B. H. S. (2023). Water-a wonder chemical in the World. *African Journal of Chemical Education*, 13(3), 202-249.
- Van Dam, J. A., Nazarov, Y. V., Bakkers, E. P., De Franceschi, S., & Kouwenhoven, L. P. (2006). Supercurrent reversal in quantum dots. *Nature*, 442(7103), 667-670. <https://doi.org/10.1038/nature05018>
- Vedral, V. (2011). Living in a quantum world. *Scientific American*, 304(6), 38-43. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0611-38>
- Wang, Y., & Song, X. (2020). Quantum Science and Quantum Technology. *Statistical Science*, 35(1), 51-74. <https://doi.org/10.1214/19-STS745>
- Wang, Yazhen, & Xinyu Song, (2020). Quantum science and quantum technology. *Statistical Science*, 35(1), 51-74. <https://doi.org/10.1214/19-STS745>
- Yang, M., Chen, X., Wang, Z., Zhu, Y., Pan, S., Chen, K., & Zheng, J. (2021). Zero→two-dimensional metal nanostructures: An overview on methods of preparation, characterization, properties, and applications. *Nanomaterials*, 11(8), 1895. <https://doi.org/10.3390/nanomaterials11081895>
- Yao, C., & Ma, Y. (2021). Superconducting Materials: Challenges and Opportunities for Large-scale Applications. *Iscience*, 24(6). <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102541>
- Yardley, J. (2012). *Introduction to Molecular Energy Transfer*. Elsevier.
- Yousef, K. M., D'Alessandro, M., Yeh, M., Sinclair, N., Loncar, M., & Capasso, F. (2025). Metasurface quantum graphs for generalized Hong-Ou-Mandel interference. *Science*, 389(6758), 416-422. <https://doi.org/10.1126/science.adw8404>



5th Grade Science Curriculum from a Positive Psychology Perspective: A Program Analysis Based on the PERMA Model¹

Burak ÇİFTÇİ¹, Abdullah AYDIN²

¹ Science Teacher, Ministry of National Education, Kırşehir, Turkey,
brkcftc71@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3222-4557>

² Prof. Dr., Kırşehir Ahi Evran University, Faculty of Education, Department of
Mathematics and Science Education, Science Education, aaydin@ahievran.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0002-8741-3451>

Received: 13.08.2025

Accepted: 17.09.2025

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc>.

Abstract:

This study examines the extent to which the 5th Grade Science Curriculum, developed within the framework of the *Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli* (Century of Türkiye Education Model, 2024), aligns with Seligman's PERMA model. The research was conducted using the document analysis technique, one of the qualitative research methods, and systematically analyzed the interdisciplinary components and skills included in the curriculum units. The findings revealed that the program is highly integrated with the well-being indicators of positive emotions, engagement, positive relationships, meaning, and accomplishment. In particular, it was observed that students' cognitive, social, and emotional development is supported through interdisciplinary interaction, game-based learning, and values education. The results indicate that the PERMA model can provide an effective framework for the design of contemporary curricula.

Key words: Positive psychology, Türkiye's century of education model, science education, perma, Seligman, contemporary curriculum

Corresponding author: Burak ÇİFTÇİ, brkcftc71@gmail.com

EXTENDED SUMMARY

Introduction

Hope consists of an individual's goals, the capacity to generate pathways toward those goals, and the agency to initiate action. A goal is a product of individual cognitive processes, the focal point of human thought, and at the same time, the cornerstone of Snyder's theory of hope. The process of goal formation directs individuals toward various behaviors and is closely associated with the effort devoted to achieving those goals as well as personal evaluations regarding their value (Liu & Huang, 2013). Psychologist Snyder, who conducted extensive and systematic research on hope over many years, argued that hope is the most fundamental personal strength and that other positive character traits are built upon it (Snyder, 2000). Numerous studies have revealed that hope constitutes a critical psychological resource in preventing psychological disorders and in coping with stress.

Individuals with high levels of hope tend to set more goals, and with the attainment of each new goal, subsequent goals become increasingly complex and ambiguous. Pathways thinking refers to one's confidence in generating multiple strategies to reach a goal and in overcoming encountered obstacles. This thought process functions as an intrinsic strategy or a mental roadmap (Snyder, 2002). Generally, individuals with high hope develop more concrete, feasible, and alternative-rich strategies compared to those with low levels of hope. Moreover, hope serves as a protective factor for psychological well-being (Griggs, 2017). Mental health constitutes one of the cornerstones of a nation's stability, social peace, and sustainable development, and it directly influences the overall happiness and productivity of society. Students, who strive to find their way in complex social environments, face various challenges due to rapidly changing societal structures and increasing competitiveness. However, positive psychology-based interventions aimed at enhancing hope can serve as effective support tools for alleviating depressive symptoms (Hergenrather et al., 2013).

The idea that well-being can be sustained in multiple ways has laid the foundation for the development of multidimensional approaches (Coffey et al., 2014). Seligman's well-being theory is also multidimensional and comprises five key elements (Seligman, 2018). These elements are: positive emotions, engagement, relationships, meaning, and accomplishment. The acronym "PERMA," derived from the initials of these components, names the model (Forgeard et al., 2011; Seligman, 2012). Well-being cannot be explained through a single factor; each element contributes to this construct in different ways. Within the PERMA model, each component is expected to exhibit three essential properties. First, each element should contribute to an individual's well-being. Second, individuals should pursue these elements not merely as a means to another end but as

intrinsically valuable in themselves. Third, each element should be independently definable and measurable (Seligman, 2012). While there are many indicators of well-being, the pursuit of these five elements arises from individuals' intrinsic motivation (Coffey et al., 2014).

Positive emotions, constitute the first element of both Seligman's well-being and authentic happiness models. In this framework, unlike earlier theories, life satisfaction and happiness are highlighted as core components of positive emotions. These emotions are evaluated through subjective measures based on individuals' lived experiences (Seligman, 2012). This dimension represents the hedonic (pleasure-oriented) aspect of well-being, encompassing feelings such as joy, contentment, and comfort (Khaw & Kern, 2015). Positive emotions foster development, facilitate action, and nurture hope and optimism about the future. Furthermore, they enhance productivity in professional life, support physical health, and strengthen the quality of social relationships (Kun et al., 2017). Experiencing positive emotions plays a key role in improving quality of life.

Engagement, another dimension within PERMA, refers to an individual's deep psychological connection with a given task or activity (Khaw & Kern, 2015). Immersion in an activity with focused attention indicates high engagement and is often associated with the flow experience (Higgins, 2006). Flow is a state in which thoughts and emotions align toward a goal, integrating the self with the activity (Csikszentmihalyi, 1990). Similar to attachment, this experience can only be assessed through subjective self-reports, typically after the experience has ended, as awareness during the flow state itself is low (Seligman, 2012).

Relationships, play a central role in psychological well-being. High-quality and supportive social connections enhance emotional resilience, help regulate stress responses, and positively contribute to learning processes. Social interactions cultivate empathy, trust, and mutual support mechanisms, allowing individuals to utilize their emotional and cognitive resources more effectively. In educational settings, strengthening this dimension can be achieved through structured collaborative activities, peer feedback, and conflict-resolution training. Such practices improve classroom climate, encourage students to take risks, and foster active participation. The effectiveness of these practices can be evaluated using both quantitative scales and qualitative observational methods (Seligman, 2012).

Meaning, refers to individuals' tendency to situate their actions and experiences within a broader system of purpose and values. Perceiving the significance of an activity or learning goal in personal and societal contexts enhances learning motivation, perseverance, and resilience in the face of difficulties. Educational practices that cultivate meaning often involve relating lesson content to students' life priorities, societal needs,

and personal values. Project-based learning, community service, and reflective practices serve as effective strategies for this purpose. Meaning-oriented approaches promote deeper and more sustainable engagement with learning, and outcomes can be assessed through reflective writing, project outputs, and rubrics evaluating contextualization skills (Seligman, 2012).

Accomplishment, encompasses the sense of competence, progress, and satisfaction that arises from achieving one's goals. Reaching desired outcomes and materializing one's efforts reinforce self-efficacy, sustain motivation, and pave the way for new learning initiatives. In educational contexts, accomplishment should not be defined solely by final exam results but also by ongoing progress, incremental achievements, and the creation of tangible products. Effective practices include goal-setting and monitoring, process-oriented portfolios, regular positive feedback, and tools that allow students to visualize their own progress. Assessment should thus focus on both performance and the learning process itself (Seligman, 2012).

In Türkiye, studies on positive psychology-based interventions have demonstrated their significant contributions to psychological well-being. For instance, Eryılmaz (2012) revealed that the "Goal Expansion Group Guidance Program" developed for adolescents supported their processes of defining life purposes and enhanced their life satisfaction. Similarly, Eryılmaz (2015), in a one-group pre-test-post-test study with university students, found that positive group psychotherapy was effective in reducing depression and negative affect. Keven-Aklıman and Eryılmaz (2017) reported that group-based positive psychotherapy helped adolescents develop positive body images and coping strategies related to body concerns. Qualitative data further indicated improvements in self-esteem, self-care, body acceptance, optimism, and mental control. Another notable contribution comes from Kaya's (2019) doctoral dissertation, which focused on a group counseling program based on the contextual positive psychology approach. The program's effects on well-being, depression, anxiety, stress, and experiential avoidance were experimentally examined. In addition, Güldal and Satan (2020) reported that a mindfulness-based psychoeducation program enhanced high school students' awareness levels, improved character strengths such as perseverance, prudence, and love of learning, and partially contributed to academic achievement.

In 2024, the Ministry of National Education updated curricula across all grade levels under the title *Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli* (MEB, 2024). The model adopts a holistic approach that integrates knowledge, skills, values, and actions, emphasizing the reduction of content load, deepening of core concepts, strengthening of interdisciplinary connections, and linking learning to real life. Guided by a common framework, the model integrates 21st-century competencies—such as critical and creative thinking, problem

solving, communication, collaboration, digital and media literacy—with national, moral, and universal values. Its assessment and evaluation framework is structured around process- and performance-based approaches and employs multiple forms of evidence. The aim of the science curriculum is to enable students to effectively acquire fundamental scientific concepts and process skills, while developing inquiry, collaboration, critical thinking, data literacy, and technological literacy. Additionally, it seeks to raise individuals who can reflect sustainability, environmental, and health awareness in their daily life decisions (MEB, 2024).

Currently, the literature lacks studies directly connecting positive-psychology-based interdisciplinary components of science curricula with the dimensions of the PERMA model. This study therefore seeks to contribute to the literature and open new academic pathways.

The aim of this research is to determine the extent to which the components of the PERMA model, shaped by the positive psychology approach, align with the 5th Grade Science Curriculum updated in 2024 within the framework of the *Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli*. Specifically, the study seeks to investigate not only the cognitive but also the affective and social dimensions of the curriculum.

Accordingly, the research seeks to address the following questions:

1. To what extent does the 5th Grade Science Curriculum, developed within the 2024 *Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli*, align with the components of Seligman's PERMA model?
2. How are the interdisciplinary components, which encompass the learning outcomes of the 5th Grade Science Curriculum, structured in terms of supporting students' psychological well-being?

Method

This study was conducted using the document analysis method, one of the qualitative research techniques. In line with the objectives of the research, this method—referred to as document analysis—entails the planned and systematic examination of various types of written materials, such as books, academic publications, curricula, official or private documents, and newspapers (Büyüköztürk, 2017; Yıldırım and Şimşek, 2013; Morgan, 2022). The document analysis method is considered a highly valuable technique for monitoring transformations and developments in a given field through documents selected in accordance with the research topic (Kıral, 2020). As one of the qualitative research methods, document analysis enables researchers to gain a comprehensive and in-depth understanding of their research questions. By drawing on existing written documents, researchers can obtain valuable and detailed information to address complex

questions. In light of these advantages, the document analysis method was chosen for the present study. This method not only supports the aims of the research but also ensures that the study is grounded in a robust and well-substantiated methodological framework (Yıldırım and Şimşek, 2013).

Within the scope of the Türkiye's Century of Education Model, the relevant documents consist of the 2024 Primary Education 5th Grade Science Curriculum (MoNE, 2024), which was accessed through the official website of the Board of Education and Discipline.

The data obtained in the study were analyzed through the content analysis method. Content analysis is a technique with multifunctional applications that can transform quantitative data into qualitative insights and enables the objective and systematic examination of both verbal and written materials (Tavşancıl & Aslan, 2001). Within this framework, the contents of the 5th grade science curriculum were first categorized according to the themes identified in line with the research questions. These categories were also employed as evaluation criteria during the analysis process. Based on these themes, the program's content was examined, and the data were organized into categories by considering similarities, differences, and innovations, subsequently presented in tabular form. In the final stage, the information in the tables was compared and subjected to interpretive evaluation.

Validity and reliability hold a crucial place in qualitative research. To ensure the reliability of the analysis process, the opinions of two science teachers holding doctoral degrees in the field were consulted. To measure and determine reliability, the formula developed by Miles and Huberman (1994), $Reliability = Consensus / (Consensus + Disagreement)$, was employed. The calculation revealed an agreement rate of 89% between the researcher and the experts. This ratio indicates a high level of consensus and suggests that the analysis results can be considered reliable. Furthermore, the identified disagreements were revisited to achieve reconciliation, thereby reinforcing that the analysis results are both reliable and replicable.

Results and Discussion

In this study, the 2024 Science Curriculum for 5th grade, developed within the framework of the Türkiye Century Maarif Model, was examined through the lens of Martin Seligman's PERMA model (Positive Emotions, Engagement, Relationships, Meaning, Accomplishment), with a particular focus on its well-being-oriented structure. The findings indicate that the curriculum moves beyond a traditional instructional approach aimed solely at cognitive development, by also prioritizing students' affective, social, and psychological well-being.

Each unit is multidimensionally associated with the five components of the PERMA model. For instance, the unit *"Our Neighbors in the Sky and Us"* supports the accomplishment dimension through scientific inference and modeling skills, while the units *"Let's Explore Force"* and *"A Journey into the Structure of Living Things"* contribute to the development of positive emotions. Group work, game-based learning, and interdisciplinary interactions consistently foster students' active engagement and strengthen their social relationships throughout the program. Particularly, the meaning dimension is reinforced through themes such as sustainability, environmental awareness, and values education, which allow students to develop a deeper sense of commitment to learning.

These findings are consistent with Coffey et al.'s (2014) research on the developmental course of well-being and Forgeard et al.'s (2011) conclusions regarding the applicability of the PERMA model in educational contexts. Moreover, the structured integration of psychological concepts such as hope, meaning, and self-regulation within the curriculum supports the claims of Griggs (2017) and Hergenrather et al. (2013) concerning the role of positive psychology in education.

Research conducted in the Turkish context further substantiates these results. Demirci et al. (2017) adapted the PERMA-based scale into Turkish and demonstrated that the model's five dimensions reliably predicted students' well-being. Their study reported that all dimensions of the scale were positively and significantly correlated with psychological well-being, with positive emotions, relationships, and meaning showing particularly strong associations with life satisfaction. These findings provide evidence that PERMA is not only a theoretical construct but also a measurable and applicable framework in educational settings.

Similarly, Gümüş et al. (2022) showed that a PERMA-based positive psychology program produced significant improvements in students' positive emotions, meaning, and accomplishment. Such results reinforce the view that the curriculum aims not only at knowledge transmission but also at enhancing students' psychological resilience and subjective well-being.

The findings are also aligned with contemporary learning theories. Skills such as self-regulation, empathy, creativity, and open-mindedness contribute not only to individual achievement but also to social awareness, sustainable living consciousness, and social responsibility. This demonstrates that science education is evolving into a structure that does not merely transmit knowledge but also imparts values and integrates learning with life. The program's student-centered, multidimensional design, which supports the full potential of the individual, can thus be regarded as a powerful example of the intersection between positive psychology and education.

Recommendations

Based on the findings of this study, it is evident that curricula should be structured not only to focus on cognitive achievements but also to support students' psychological well-being. In this context, it is recommended that theoretical frameworks grounded in positive psychology, such as the PERMA model, be integrated into the planning and implementation processes of curricula. Particularly in science education, fostering positive emotions, promoting active engagement in learning, establishing meaningful social relationships, and attributing personal meaning to learning should be considered fundamental components for sustained achievement.

For teachers to play an active role in this process, it is essential that teacher education programs and in-service training include topics such as positive psychology, hope, well-being, and values-based education. Learning materials should not be limited to the mere transmission of knowledge; rather, they should be enriched through activities such as games, problem-solving, collaboration, and interdisciplinary interaction, thereby enabling students to establish emotional and social connections with the subject matter.

Furthermore, the development of well-being-oriented support programs for students through school counseling and guidance services will contribute to the holistic nature of the learning process. In shaping educational policies, not only academic achievement indicators but also students' levels of well-being should be taken into account; in this regard, measurable indicators should be established, and the effectiveness of practices should be systematically monitored.

Future research should comparatively examine the effects of PERMA-based instructional approaches across different age groups, socio-cultural contexts, and disciplines. Mixed-method studies will more clearly reveal the applicability of the model and its contribution to student development. In this way, the scientific foundations for the multidimensional advancement of the education system will be strengthened, supporting the development of students not only as knowledge learners but also as individuals who are self-aware, seek meaning, collaborate, and live fulfilling lives.

Pozitif Psikoloji Perspektifinden 5. Sınıf Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı: PERMA Modeline Dayalı Bir Program Çözümlemesi ²

Burak ÇİFTÇİ¹, Abdullah AYDIN²

¹ Millî Eğitim Bakanlığı, Fen Bilimleri Öğretmeni, Yüksek Lisans, Kırşehir, brkcftc71@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3222-4557>

² Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Kırşehir, aaydin@ahievran.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-8741-3451>

Gönderme Tarihi: 13.08.2025

Kabul Tarihi: 17.09.2025

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc>.

Özet:

Bu çalışma, 2024 yılı Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli kapsamında geliştirilen 5. sınıf Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'nın, Seligman'ın PERMA modeli çerçevesinde ne ölçüde örtüştüğünü incelemektedir. Araştırma, nitel araştırma yöntemlerinden doküman analizi tekniğiyle yürütülmüş; öğretim programı kapsamındaki ünite içeriğinde yer alan programlar arası bileşenler ve beceriler sistematik olarak analiz edilmiştir. Bulgular, programın pozitif duygular, katılım, olumlu ilişkiler, anlam ve başarı gibi iyi oluş göstergeleriyle yüksek düzeyde bütünleştiğini ortaya koymuştur. Özellikle disiplinler arası etkileşim, oyun temelli öğrenme ve değerler eğitimi yoluyla öğrencilerin bilişsel, sosyal ve duygusal gelişimlerinin desteklendiği görülmüştür. Elde edilen veriler, PERMA modelinin çağdaş öğretim programlarının tasarımında etkili bir yapı sağlayabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Pozitif psikoloji, Türkiye yüzyılı maarif modeli, fen bilimleri, perma, Seligman, çağdaş öğretim programı

Sorumlu yazar: Burak ÇİFTÇİ, brkcftc71@gmail.com

GİRİŞ

Umut; bireyin hedefleri, bu hedeflere ulaşmak için yollar geliştirme kapasitesi ve eyleme geçme iradesinden oluşur. Hedef; bireysel zihinsel süreçlerin bir ürünü, insan düşüncesinin odak noktası ve aynı zamanda Snyder'in umut kuramının temel yapı taşıdır. Hedeflerin oluşturulması, bireyleri çeşitli davranışlara yöneltir ve bu hedeflere ulaşmak için gösterilen çaba ile hedeflerin değerine ilişkin bireysel değerlendirmelerle yakından ilişkilidir (Liu ve Huang, 2013). Umut konusunda uzun yıllar boyunca çalışmalar yürüten psikolog Snyder, bu alandaki en kapsamlı ve sistematik araştırmaları gerçekleştirmiştir. Snyder, umudu en temel kişilik gücü olarak görmekte ve diğer olumlu kişilik özelliklerinin

de bu güce dayandığını ileri sürmektedir (Snyder, 2000). Yapılan çok sayıda araştırma, umudun bireylerin psikolojik rahatsızlıkları önlemede ve stresle baş etmede kritik bir psikolojik kaynak olduğunu ortaya koymuştur.

Umut düzeyi yüksek bireyler, daha fazla hedef koyma eğilimindedir ve her yeni hedef gerçekleştirildiğinde sonraki hedefler daha karmaşık ve belirsiz hâle gelmektedir. Yol düşüncesi, bireyin hedefe ulaşmak için birden fazla çözüm geliştirme ve karşılaştığı engelleri aşma becerisine olan güveninden oluşur. Bu düşünce, bireyin içsel bir stratejisi ya da ulaşım planı niteliğindedir (Snyder, 2002). Genellikle yüksek umut düzeyine sahip bireyler, düşük umut düzeyindekilere kıyasla daha somut ve uygulanabilir stratejiler geliştirir ve bu stratejiler daha fazla alternatif içerir. Aynı zamanda umut, bireyin psikolojik iyi oluşu için de önemli bir koruyucu etkidir (Griggs, 2017). Ruh sağlığı; bir ülkenin istikrarı, toplumsal huzuru ve sürdürülebilir kalkınmasının ana yapı taşlarından biri olup ayrıca yaşam kalitesini belirleyen bir unsur olarak toplumun genel mutluluğu ve verimliliği üzerinde doğrudan etkilidir. Öğrenciler, karmaşık sosyal ortamlar içinde yönlerini bulmaya çalışmakta ve hızla değişen toplumsal yapı ile artan rekabet koşulları nedeniyle çeşitli güçlüklerle karşılaşmaktadır. Bununla birlikte umudu yükseltmeyi amaçlayan pozitif psikoloji temelli müdahaleler, bireylerin depresif belirtilerini hafifletmede etkili bir destek aracı olabilir (Hergenrather ve ark., 2013).

Yaşamda iyi oluşun farklı biçimlerde sürdürülebileceği düşüncesi, çok yönlü yaklaşımların geliştirilmesine zemin hazırlamıştır (Coffey ve ark., 2014). Seligman'ın iyi oluş kuramı da çok boyutlu bir yapıya sahiptir ve beş temel unsurdan oluşur (Seligman, 2018). Bu unsurlar; pozitif duygular (positive emotion), katılım (engagement), olumlu ilişkiler (relationships), anlam (meaning) ve başarı (accomplishment) şeklinde sıralanır. Bu öğelerin baş harflerinden meydana gelen "PERMA" ifadesi, modelin adını belirlemektedir (Forgeard ve ark., 2011; Seligman, 2012). İyi oluş yalnızca tek bir unsurla açıklanamaz; her bir öğe bu yapıya farklı yönlerden katkı sunmaktadır. PERMA modelinde yer alan her bileşenin üç temel özelliği bulunması beklenir. Bunlardan ilki, her unsurun bireyin iyi oluş düzeyine katkı sağlamasıdır. İkinci özellik, bireylerin bu unsurlardan herhangi birine ulaşmayı yalnızca başka bir unsuru elde etmek amacıyla değil kendi başına değerli buldukları için istemeleridir. Üçüncü ve son özellik ise her bir bileşenin birbirinden bağımsız olarak tanımlanabilir ve ölçülebilir nitelikte olmasıdır (Seligman, 2012). İyi oluşun birçok göstergesi olmasına rağmen bu beş unsurun kullanımı, bireylerin içsel güdüyle bu öğelere ulaşma isteğinden kaynaklanmaktadır (Coffey ve ark., 2014).

Pozitif duygular, Seligman'ın hem iyi oluş hem de özgün mutluluk modelinin ilk ögesidir. Bu modelde, önceki kuramdan farklı olarak yaşam doyumu ve mutluluğun, pozitif duyguların temel bileşenleri olduğu özellikle vurgulanmaktadır. Bu duygular, öznel ölçütlerle değerlendirilir ve bu ölçümler bireyin o anki deneyimlerine dayanır (Seligman,

2012). Bu bileşen, iyi oluşun hedonik (haz odaklı) boyutunu temsil eder ve keyif, memnuniyet, rahatlık gibi olumlu duyguları kapsar (Khaw ve Kern, 2015). Pozitif duygular gelişimi destekler, bireyin eyleme geçmesini kolaylaştırır ve geleceğe dair umut ile iyimserlik duygularının oluşmasını sağlar. Aynı zamanda iş hayatında üretkenliği artırır, fiziksel sağlığı destekler ve sosyal ilişkilerin kalitesini güçlendirir (Kun ve ark., 2017). Olumlu duyguların deneyimlenmesi, yaşam kalitesinin artırılmasında kilit rol oynamaktadır.

Katılım (engagement), PERMA çerçevesinde yer alan diğer bir boyuttur ve bireyin bir durum ya da faaliyetle derin bir psikolojik bağ kurmasını ifade eder (Khaw ve Kern, 2015). Kişinin bir işle meşgul olup ona odaklanarak yoğun bir dikkat sergilemesi, yüksek düzeyde bağ kurduğunu gösterir ve bu durum genellikle akış (flow) deneyimiyle bağlantılıdır (Higgins, 2006). Akış, bireyin düşünce ve duygularının belirli bir hedefe yönelerek uyum içerisinde gerçekleştiği ve benliğin yaşantıyla bütünleştiği bir durumdur (Csikszentmihalyi, 1990). Bağlanma gibi bu deneyim de sadece bireyin öznel gözlemleriyle değerlendirilebilir. Kişi akış hâlindeyken düşünsel ve duygusal olarak farkındalık düzeyi düşük olur; bu nedenle değerlendirme süreçleri deneyim sonrasında yapılabilir (Seligman, 2012).

İlişkiler (Relationships): Bireyin psikolojik iyi oluşunda sosyal bağların rolü merkezi bir konumdadır. Nitelikli ve destekleyici ilişkiler duygusal dayanıklılığı artırır, stres yanıtlarını düzenlemeye yardımcı olur ve öğrenme süreçlerine olumlu katkı sağlar. Sosyal etkileşimler; empati, güven ve karşılıklı destek mekanizmalarını geliştirir. Sonuç olarak birey hem duygusal hem de bilişsel kaynaklarını daha verimli kullanır. Eğitim ortamında bu boyutun güçlendirilmesi, öğretmen-öğrenci ve akran ilişkilerinin niteliğini hedef alan uygulamalarla (örneğin yapılandırılmış iş birliği etkinlikleri, akran geri bildirimi, çatışma çözümü eğitimi) mümkündür. Bu müdahaleler sınıf iklimini iyileştirerek öğrencilerin risk almasını ve aktif katılımını teşvik eder. Etkililiği ölçmek için hem nicel ölçekler hem de gözlemsel nitel veri toplama yöntemleri kullanılabilir (Seligman, 2012).

Anlam (Meaning): Anlam boyutu, bireyin eylemlerini ve deneyimlerini daha geniş bir amaç veya değerler sistemi içinde konumlandırma eğilimini ifade eder. Bir etkinliğin veya öğrenme hedefinin kişisel ve toplumsal bağlamda öneminin algılanması, öğrenme motivasyonunu ve sürekliliğini artırırken zorluklar karşısında dayanıklılığı da destekler. Eğitimsel uygulamalarda anlam yaratma, ders içeriklerinin öğrencilerin yaşam öncelikleri, toplumsal ihtiyaçlar ve kişisel değerlerle ilişkilendirilmesi yoluyla sağlanır. Proje-temelli öğrenme, toplum hizmeti etkinlikleri ve düzenli yansıtıcı uygulamalar bu amaçla etkili araçlardır. Anlam odaklı yaklaşımlar öğrencilerin öğrenme sürecine daha derin ve sürdürülebilir biçimde angaje olmalarını sağlar. Edinilen kazanımların

değerlendirilebilmesi için öğrencilerin refleksiyon yazıları, proje çıktıları ve bağlamsallaştırma becerilerine yönelik rubrikler tercih edilebilir (Seligman, 2012).

Başarı (Accomplishment): Başarı boyutu, bireyin belirlediği hedeflere ulaşma sürecinde edildiği yeterlik, ilerleme ve bunun getirdiği tatmin duygusunu kapsar. Hedeflenen sonuçlara erişim ve çabanın somutlaşması; öz-yeterlik inancını güçlendirir, motivasyonu sürdürür ve yeni öğrenme girişimlerine zemin hazırlar. Eğitim bağlamında başarı yalnızca nihai sınav sonuçlarıyla değil süreç boyunca gösterilen gelişim, küçük adımlarla hedefe ulaşma ve somut ürün oluşturma üzerinden de tanımlanmalıdır. Bu nedenle etkili uygulamalar arasında hedef belirleme ve ilerlemeyi izleme yöntemleri, süreç odaklı portfolyolar, düzenli olumlu geri bildirimler ve öğrencinin kendi ilerlemesini görselleştirmesine imkân tanıyan araçlar yer alır. Değerlendirme hem performans hem de öğrenme sürecinin kendisi üzerine odaklanmalıdır (Seligman, 2012).

Türkiye’de pozitif psikoloji temelli müdahalelere yönelik yürütülen çalışmalar, bu yaklaşımın bireylerin psikolojik iyi oluşuna önemli katkılar sunduğunu göstermektedir. Örneğin, Eryılmaz (2012), ergenlere yönelik geliştirdiği “Amaçları Genişletme Grup Rehberliği Programı”nın yaşam amacı belirleme süreçlerini desteklediğini ve yaşam doyumlarını artırdığını ortaya koymuştur. Benzer şekilde Eryılmaz (2015), üniversite öğrencileriyle gerçekleştirdiği tek grup ön test-son test desenli çalışmada, pozitif grup psikoterapisinin depresyon ve olumsuz duygulanımı azaltmada etkili olduğunu bulgulamıştır. Keven-Aklıman ve Eryılmaz (2017), grupla pozitif psikoterapi uygulamasının ergenlerin olumlu beden imajı geliştirmelerine ve bedenle ilgili başa çıkma stratejileri kazanmalarına katkı sağladığını belirtmişlerdir. Nitel verilere dayalı analizlerde ise programın benlik saygısı, kişisel bakım, beden kabulü, iyimserlik ve zihinsel kontrol gibi alanlarda öğrenciler üzerinde olumlu etkiler yarattığı gözlemlenmiştir. Bu alanda yapılan bir diğer önemli çalışma, Kaya’nın (2019) bağlamsal pozitif psikoloji yaklaşımına dayalı grupla psikolojik danışma programına odaklanan doktora tezidir. Programın iyi oluş, depresyon, anksiyete, stres ve yaşantısal kaçınma üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Buna ek olarak Güldal ve Satan (2020), “bilinçli farkındalık” temelli geliştirilen bir psikoeğitim programının lise öğrencilerinin farkındalık düzeylerini artırdığını; sebat, sağduyu ve öğrenme sevgisi gibi karakter güçlerinde gelişim sağladığını ve akademik başarıya kısmen katkı sunduğunu raporlamıştır.

Millî Eğitim Bakanlığı, 2024’te tüm kademelerde öğretim programlarını “Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli” başlığı altında güncellemiştir.

“Model; bilgi, beceri, değer ve eylemi birlikte ele alan bütüncül bir yaklaşım benimseyerek içerik yükünü azaltma, temel kavramlarda derinleşme, disiplinler arası bağlantıları güçlendirme ve öğrenmeyi yaşamla ilişkilendirme hedeflerini öne çıkarır. Ortak bir çerçeve metinle tüm derslerin öğretim programlarına yön veren model; eleştirel

ve yaratıcı düşünme, problem çözme, iletişim, iş birliği, dijital ve medya okuryazarlığı gibi 21. yüzyıl yetkinliklerini millî, ahlaki ve evrensel değerlerle bütünleştirir. Ölçme-değerlendirme anlayışı süreç ve performans temelli, çoklu kanıt yaklaşımıyla yapılandırılmıştır. Fen bilimleri öğretim programının amacı; öğrencilerin fen bilgisi temel kavramlarını ve bilimsel süreç becerilerini etkin biçimde edinmelerini; sorgulama, iş birliği, eleştirel düşünme, veri okuma ve teknoloji okuryazarlığı becerilerini geliştirmelerini sağlamak ayrıca sürdürülebilirlik, çevre ve sağlık bilincini günlük yaşam kararlarına yansıtabilen bireyler yetiştirmektir.” (MEB,2024)

Fen bilimleri müfredatında yer alan pozitif temelli programlar arası bileşenler ve PERMA modeliyle ilgili boyutlar literatürde yer almamaktadır. Bu çalışma ile literatüre katkı sağlanması ve yeni akademik yollar açılması hedeflenmektedir.

Bu araştırma, pozitif psikoloji yaklaşımı çerçevesinde şekillenen PERMA modelinin bileşenlerinin, 2024 yılı Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli kapsamında güncellenen 5. sınıf Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı ile ne düzeyde örtüştüğünü belirlemeyi amaçlamaktadır. Çalışma, öğretim programının yalnızca bilişsel değil aynı zamanda duyuşsal ve sosyal gelişimi destekleyici yönlerini de incelemeyi hedeflemektedir.

Bu doğrultuda araştırma, aşağıdaki sorulara yanıt aramaktadır:

- 1- 2024 yılı Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli kapsamında geliştirilen 5. sınıf Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı, Seligman’ın PERMA modelinin hangi bileşenleriyle ne ölçüde örtüşmektedir?
- 2- 5. sınıf Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı’nda yer alan öğrenme çıktılarını kapsayan programlar arası bileşenler, öğrencilerin psikolojik iyi oluşunu destekleyici nitelikler bakımından nasıl yapılandırılmıştır?

YÖNTEM

Bu bölümde araştırmanın modeline, veri kaynağına, verilerin toplanması ve analizine ait bilgilere yer verilmiştir.

Çalışmanın Deseni/Modeli

Bu çalışma, nitel araştırma yöntemlerinden biri olan doküman incelemesi yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın hedefleri doğrultusunda kitap, akademik yayınlar, öğretim programları, resmî ya da özel belgeler, gazeteler gibi farklı türdeki yazılı materyallerin planlı ve sistematik biçimde analiz edilmesini kapsayan bu yöntemle doküman inceleme yöntemi adı verilmektedir (Büyüköztürk, 2017; Yıldırım ve Şimşek, 2013; Morgan, 2022). Doküman inceleme yöntemi, araştırma konusuna uygun şekilde seçilmiş belgeler aracılığıyla söz konusu alanla ilgili dönüşüm ve gelişmeleri takip

edebilme açısından oldukça değerli bir teknik olarak değerlendirilmektedir (Kıral, 2020). Nitel araştırma yöntemlerinden biri olan doküman incelemesi, araştırmacıların araştırma sorularını kapsamlı ve derinlikli biçimde kavramalarına olanak tanınması açısından oldukça etkili bir tekniktir. Var olan yazılı dokümanlardan faydalanarak araştırmacılar, karmaşık sorulara yanıt bulmak amacıyla değerli ve derinlemesine bilgiler elde edebilmektedirler. Bu avantajlar doğrultusunda söz konusu çalışmada doküman inceleme yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntem, yalnızca araştırmacının amaçlarını desteklemekle kalmamakta aynı zamanda çalışmanın güçlü ve temellendirilmiş bir metodolojik yapıya dayanmasını da sağlamaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2013).

Veri Toplama

Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli kapsamında hazırlanan 2024 İlköğretim 5. Sınıf Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (MEB, 2024) ilgili dokümanlar olup programa Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının resmî internet sitesinden ulaşılmıştır.

Veri Analizi

Araştırmada elde edilen veriler, içerik çözümlemesi yöntemi doğrultusunda analiz edilmiştir. İçerik çözümlemesi; nicel verileri nitel hâle getirebilen, çok yönlü işlevleri bulunan ve hem sözlü hem de yazılı materyallerin nesnel ve sistematik biçimde incelenmesine imkân tanıyan bir analiz tekniğidir (Tavşancıl ve Aslan, 2001). Bu yöntem kapsamında ilk olarak araştırma sorularına uygun olarak belirlenen başlıklar doğrultusunda 5. sınıf fen bilimleri dersi öğretim programının içerikleri kategorilere ayrılmıştır. Bu kategoriler aynı zamanda analiz sürecinde değerlendirme ölçütü olarak da kullanılmıştır. Belirlenen bu başlıklar temelinde programların içeriği incelenmiş; ortaya çıkan benzerlikler, farklılıklar ve yenilikler dikkate alınarak veriler ilgili kategorilere yerleştirilmiş ve tablolar hâlinde sunulmuştur. Son aşamada ise tablolarda yer alan bilgiler karşılaştırılarak yorumlayıcı değerlendirmeler yapılmıştır.

Nitel araştırmalarda geçerlik ve güvenirlik önemli bir yere sahiptir. Bu kapsamda, analiz sürecinin güvenirliğini sağlamak amacıyla alanında doktora derecesine sahip iki fen bilimleri öğretmenin görüşlerine başvurulmuştur. Güvenirliği ölçmek ve belirlemek amacıyla Miles ve Huberman (1994) tarafından geliştirilen Güvenirlik = Görüş birliği / (Görüş birliği + Görüş ayrılığı) formülü kullanılmıştır. Yapılan hesaplama sonucunda araştırmacı ile uzmanlar arasındaki uyum oranı %89 olarak belirlenmiştir. Bu oran, büyük ölçüde görüş birliğine ulaşıldığını ve analiz sonuçlarının güvenilir kabul edilebileceğini göstermektedir. Ayrıca ortaya çıkan görüş ayrılıkları yeniden değerlendirilerek uzlaş sağlanmasına çalışılmıştır. Bu uzlaş, analiz sonuçlarının güvenilir ve tekrarlanabilir olduğunu göstermektedir.

BULGULAR

Araştırma sorularına göre verilerin analizi ile elde edilen bulgulara bu bölümde detaylı olarak yer verilmiştir. Söz konusu bulgular aşağıda başlıklar hâlinde ve tablolarla sırasıyla sunulmuştur.

Tablo 1

"Gökyüzündeki Komşularımız ve Biz" Ünitesinin Programlar Arası Bileşenleri ile Seligman'ın PERMA Modeli Arasında Ortak Noktalar

Programlar Arası Bileşenler	PERMA Ögesi	Açıklama (Ortak Nokta)
Bilimsel Çıkarım Yapma, Bilimsel Model Oluşturma	Başarı	Öğrencilerin bilimsel çıkarımlar yaparak ve model oluşturarak başarı duygusunu yaşamaları sağlanır.
Bilgi Toplama, Bilgi Okuryazarlığı, Veri Okuryazarlığı	Anlam	Bilgi toplama ve veriyi anlamlandırma süreçleri, öğrencinin öğrenmeye anlam katmasını sağlar.
Gerçeği Arama, Soru Sorma, Kendini Tanıma	Pozitif Duygular	Merak duygusu, araştırma hevesi ve kendini tanıma süreci öğrencinin öğrenmeden keyif almasına ve olumlu duygular geliştirmesine katkı sağlar.
İletişim, İş Birliği, Sorumluluk, Yardımseverlik	İlişkiler	Grup çalışmaları, iş birliği ve yardımlaşma ile olumlu sosyal ilişkiler gelişir.
Oyunseverlik, Görsel Sanatlar ile Disiplinler Arası Etkileşim, Bilimsel Gözlem	Katılım	Oyun, görsel sanatlar ve gözlem gibi etkinliklerle derse aktif katılım ve akış hali yaşanır.
Karşılaştırma, Tümevarımsal Akıl Yürütme	Anlam	Karşılaştırma ve akıl yürütme becerileri, öğrencinin öğrenilen kavramlar arasında bağ kurarak anlamlandırmasını sağlar.
Çalışkanlık, Dürüstlük, Adalet	Başarı	Değerlerle desteklenen tutumlar sayesinde öğrenciler çaba gösterir, başarı elde eder ve dürüst çalışmanın önemini kavrar.

Tablo 1'de "Gökyüzündeki Komşularımız ve Biz" ünitesine ait programlar arası bileşenlerin, Seligman'ın PERMA modeli ile nasıl örtüştüğü sistematik biçimde sunulmuştur. Bu bağlamda öğrencilerin bilimsel çıkarım yapma ve model oluşturma gibi bilişsel beceriler yoluyla başarı duygusunu deneyimledikleri görülmektedir. Aynı zamanda bilgi toplama, veri okuryazarlığı ve akıl yürütme gibi etkinlikler, öğrencilerin öğrenmeye anlam yüklemelerine olanak tanımaktadır. Merak, soru sorma ve kendini tanıma süreçleri ile öğrencilerin olumlu duygular geliştirmeleri desteklenirken iletişim, iş birliği ve yardımseverlik gibi sosyal-duygusal beceriler aracılığıyla ilişkiler boyutu güçlenmektedir. Ayrıca oyun, gözlem ve sanat yoluyla sağlanan disiplinler arası etkileşim öğrencilerin

derse aktif olarak katılımını sağlayarak katılım ögesini ön plana çıkarmaktadır. Bu bütünsel yapı, öğrencilerin hem akademik hem de duygusal yönden gelişimlerini destekleyen çok boyutlu bir öğrenme ortamının oluştuğunu göstermektedir.

Tablo 2

"Kuvveti Tanıyalım" Ünitesindeki Programlar Arası Bileşenler ile PERMA Modeli Öğeleri Arasında Ortak Noktalar

Programlar Arası Bileşenler	PERMA Ögesi	Açıklama (Ortak Nokta)
Operasyonel Tanımlama, Bilimsel Model Oluşturma, Tümevarımsal Akıl Yürütme	Başarı	Kuvveti ölçme, bilimsel model kurma ve akıl yürütme süreçleri öğrencinin başarısını ve özgüvenini artırır.
Merak, Soru Sorma, Özgün Düşünme	Pozitif Duygular	Merak, soru sorma ve özgün düşünme öğrencinin öğrenmeye duyduğu keyfi artırır, pozitif duygular geliştirir.
İletişim, İş Birliği, Sorumluluk, Yardımseverlik	İlişkiler	İş birliği, iletişim ve yardımlaşma öğrenciler arasında güçlü, olumlu ilişkiler kurulmasına katkı sağlar.
Bağımsızlık, Açık Fikirlilik, Teknoloji ve Tasarım Disiplinler Arası Etkileşim, Sanat Okuryazarlığı	Katılım	Bağımsız çalışma, açık fikirlilik ve tasarım etkinlikleri derse aktif katılım ve akış deneyimi kazandırır.
Bilgi Okuryazarlığı, Veri Okuryazarlığı, Bilgi Toplama	Anlam	Bilgi ve veri toplama, bilgiyi analiz etme süreçleri öğrencinin kavramları anlamlandırmasına ve öğrenmeye anlam katmasına yardımcı olur.
Çalışkanlık, Sabır, Adalet	Başarı	Sabırla ve adalet duygusuyla çalışmak, öğrencinin özdisiplini ve kalıcı başarıyı elde etmesini destekler.

Tablo 2, "Kuvveti Tanıyalım" ünitesinde yer alan programlar arası bileşenler ve becerilerin, Seligman'ın PERMA modeliyle hangi açılardan örtüştüğünü sistematik biçimde ortaya koymaktadır. Üniteye yer alan operasyonel tanımlama, bilimsel model oluşturma ve akıl yürütme gibi üst düzey bilişsel beceriler, öğrencilerin öğrenme sürecinde başarı duygusunu yaşamalarına olanak tanımaktadır. Aynı şekilde merak, özgün düşünme ve soru sorma gibi öğrenmeye yönelik içsel güdüleyici unsurların, öğrencilerin pozitif duygular geliştirmesini desteklediği görülmektedir. İletişim, iş birliği ve yardımlaşma temelli etkinliklerin öğrenciler arasında anlamlı ilişkiler kurulmasına katkı sağladığı; bağımsızlık, açık fikirlilik ve tasarım temelli disiplinler arası uygulamaların ise öğrencilere katılım ve akış hâli yaşattığı dikkat çekmektedir. Bunun yanı sıra bilgi ve veri okuryazarlığı becerileriyle desteklenen bilgi toplama süreçlerinin, öğrencilerin öğrenmeye yönelik anlam oluşturma düzeylerini artırdığı anlaşılmaktadır. Ayrıca sabır, çalışkanlık ve

adalet gibi değer odaklı davranışların, öğrencinin özdisiplin geliştirmesine ve öğrenmede istikrar sağlamasına katkı sunarak başarı boyutunu tekrar desteklediği vurgulanmaktadır. Bu bulgular, “Kuvveti Tanıyalım” ünitesinin sadece kavramsal bilgi aktarımıyla sınırlı kalmadığını aynı zamanda öğrencilerin duygusal, sosyal ve bilişsel gelişimlerine bütüncül biçimde hizmet ettiğini göstermektedir.

Tablo 3

“Canlıların Yapısına Yolculuk” Ünitesinin Programlar Arası Bileşenleri ile PERMA Modeli Öğeleri Arasındaki Ortak Noktalar

Programlar Arası Bileşenler	PERMA Ögesi	Açıklama (Ortak Nokta)
Sınıflandırma, Yapılandırma	Başarı	Hücre, doku, organ gibi yapıları sınıflandırma ve yapılandırma, öğrencinin başarı hissini güçlendirir.
Merak, Soru Sorma, Gerçeği Arama	Pozitif Duygular	Merak etme, araştırma ve sorular sorma öğrencinin öğrenmeye yönelik pozitif duygular geliştirmesini sağlar.
Empati, İletişim, İş birliği, Sorumlu Karar Verme, Sorumluluk	İlişkiler	Empati kurma, iletişim ve iş birliği yoluyla güçlü, olumlu sosyal ilişkiler oluşur; sorumluluk paylaşımı sağlanır.
Oyunseverlik, Odaklanma, Sistematiğe Olma, Görsel Sanatlar ve Bilişim Teknolojileri ile Disiplinler Arası İlişki	Katılım	Oyun, odaklanma, sistematiğe düşünme ve disiplinler arası etkinlikler öğrencinin derse aktif katılımını artırır.
Bilgi Okuryazarlığı, Dijital Okuryazarlık, Görsel Okuryazarlık, Veri Okuryazarlığı, Bilgi Toplama, Karşılaştırma, Tartışma, Eleştirel Düşünme	Anlam	Bilgi toplama, karşılaştırma, eleştirel düşünme gibi beceriler öğrencinin kavramlar arasında anlamlı bağlar kurmasına yardımcı olur.
Çalışkanlık, Duyarlılık, Sabır, Sağlıklı Yaşam, Saygı	Başarı	Değerler; öğrencinin sorumlu, sabırlı ve duyarlı davranarak başarıya ulaşmasına katkı sağlar.

Tablo 3 incelendiğinde, “Canlıların Yapısına Yolculuk” ünitesinde yer alan programlar arası bileşenler ve etkinliklerin, PERMA modelinin beş temel ögesiyle çok boyutlu ve anlamlı biçimde ilişkilendirilebildiği görülmektedir. Öğrencilerin hücre, doku ve organ gibi yapıları sınıflandırma ve yapılandırma süreçleri, başarı duygusunu destekleyen ifadeler arasında yer almaktadır. Bunun yanında merak etme, soru sorma ve araştırma davranışları, öğrencilerin öğrenme sürecine yönelik olumlu duygular geliştirmesini sağlamakta ve Positive Emotion boyutunu beslemektedir. Ünite kapsamında empati, iletişim, iş birliği ve sorumluluk alma gibi sosyal-duygusal becerilere de yer verildiği, bu durumun öğrenciler arasında olumlu ilişkilerin kurulmasına katkı sunduğu ve Relationships boyutuna hizmet

ettiği anlaşılmaktadır. Ayrıca oyun temelli etkinlikler, disiplinler arası bağlantılar ve sistematik düşünmeye yönelik uygulamalar sayesinde öğrencilerin derse aktif katılımları arttırılmakta, bu da katılım ögesini desteklemektedir. Bununla birlikte bilgi, dijital ve görsel okuryazarlık gibi becerilerin geliştirilmesine olanak tanıyan etkinlikler sayesinde öğrencilerin bilimsel kavramlar arasında anlamlı bağlar kurarak öğrenmeye anlam yükledikleri görülmektedir. Değerler eğitimi kapsamında çalışkanlık, sabır, duyarlılık ve saygı gibi kavramlara yer verilmesi ise öğrenci davranışlarında sorumluluk ve öz düzenleme becerilerini pekiştirerek tekrarlarla başarı boyutuna katkı sağlamaktadır.

Tablo 4

"Işığın Dünyası" Ünitesindeki Programlar Arası Bileşenler ile Seligman'ın PERMA Modeli Arasındaki Ortak Noktalar

Programlar Arası Bileşenler	PERMA Ögesi	Açıklama (Ortak Nokta)
Bilimsel Gözlem, Sınıflandırma, Sınıflandırma, Genelleme	Başarı	Gözlem yapma, sınıflandırma ve genelleme becerileri öğrencinin bilimsel başarı ve öz yeterlilik duygusunu artırır.
Oyunseverlik, Görsel Sanatlar ile Disiplinler Arası İlişki	Katılım	Oyun temelli ve görsel etkinliklerle öğrenciler derse daha fazla odaklanır ve "akış" deneyimi yaşar.
Kendini Düzenleme, Sistemati Olma	Anlam	Sistematik çalışma ve öz düzenleme becerileri, öğrencinin öğrenme süreçlerini anlamlandırmasını ve disiplinli olmasını sağlar.
Bilgi Okuryazarlığı, Dijital Okuryazarlık, Kültür Okuryazarlığı, Veri Okuryazarlığı, Bilgi Toplama	Anlam	Farklı türde okuryazarlıklar ve bilgi toplama, öğrencilerin öğrendiklerini gerçek hayatla ilişkilendirmelerine olanak tanır.
Bağımsızlık, Yapılandırma	Pozitif Duygular	Bağımsız öğrenme ve kendi bilgisini yapılandırma süreci, öğrencide özgüven ve içsel motivasyonu destekler.
İletişim, Sorumluluk	İlişkiler	Sınıf içi iletişim ve grup çalışmaları sayesinde olumlu sosyal ilişkiler kurulur, sorumluluk bilinci gelişir.
Çalışkanlık, Mütevazılık	Başarı	Çalışkanlık ve mütevazı bir tutumla çalışmak, bireysel gelişim ve içsel başarı duygusuna katkı sağlar.

Tablo 4'te görüldüğü üzere, "Işığın Dünyası" ünitesinde yer alan programlar arası bileşenler, Seligman'ın PERMA modelinin tüm boyutlarıyla uyumlu bir şekilde öğrencilerin çok yönlü gelişimini desteklemektedir. Bilimsel gözlem ve sınıflandırma gibi temel beceriler, öğrencilerin başarı ve özgüven duygusunu pekiştirirken, oyun ve görsel sanat temelli etkinlikler derse katılımı artırmakta ve öğrencilerde "akış" deneyimi

yaşatmaktadır. Sistematiik çalışma ve öz düzenleme becerileri öğrenme süreçlerine anlam katmakta, farklı okuryazarlık türleri öğrencilerin bilgiyi gerçek hayat bağlamında anlamlandırmasına olanak sağlamaktadır. Bağımsızlık ve yapılandırma, pozitif duygularla özgüvenin gelişimine katkı sunarken, etkili iletişim ve grup çalışmaları olumlu sosyal ilişkiler ve sorumluluk bilincini güçlendirmektedir. Bu bütüncül yaklaşım, öğrencilerin akademik başarılarının yanı sıra sosyal ve duygusal gelişimlerini de destekleyerek fen bilimleri eğitiminin etkinliğini artırmaktadır.

Tablo 5

"Maddenin Doğası" Ünitesi Programlar Arası Bileşenler ile Seligman'ın PERMA Modeli Arasındaki Ortak Noktalar

Programlar Arası Bileşenler	PERMA Ögesi	Açıklama (Ortak Nokta)
Sınıflandırma, Bilimsel Çıkarım Yapma, Bilimsel Model Oluşturma, Çözümleme, Yapılandırma	Başarı	Deney yapma, sınıflandırma, çıkarım ve model oluşturma yoluyla öğrenciler kendi öğrenme sürecinde başarı hissi yaşar.
Merak, Gerçeği Arama, Soru Sorma	Pozitif Duygular	Merak ve sorgulama gibi eğilimler, öğrencide olumlu duygular uyandırarak öğrenmeye keyifle katılımı teşvik eder.
Yaratıcılık, Oyunseverlik, Bilimsel Gözleme Dayalı Tahmin, Sosyal Bilgilerle disiplinler arası ilişki	Katılım	Yaratıcılık, oyun, tahmin ve disiplinler arası entegrasyon öğrencinin aktif katılım ve dikkatini artırır.
Bilgi Okuryazarlığı, Dijital Okuryazarlık, Görsel Okuryazarlık, Kültür Okuryazarlığı, Veri Okuryazarlığı	Anlam	Farklı türde okuryazarlıklarla öğrenciler öğrendiklerini hayatla ilişkilendirir, bilgiyi daha derinlemesine anlamlandırır.
Öz Güven, Azim ve Kararlılık, Sabır, Özgürlük, Çalışkanlık	Başarı	Azimle çalışmak, sabırlı olmak ve özgüven geliştirmek öğrencinin başarı duygusunu pekiştirir.
İletişim, İş birliği, Dostluk, Yardımseverlik, Sosyal Farkındalık	İlişkiler	Grup çalışmaları, sosyal farkındalık, dostluk ve yardımlaşma gibi unsurlar öğrencilere olumlu sosyal ilişkiler kurma becerisi kazandırır.
Tartışma, Eleştirel Düşünme, Eleştirel Bakma	Anlam	Eleştirel düşünme ve tartışma gibi yüksek düzey beceriler öğrencilerin öğrendiklerini sorgulamalarına ve daha anlamlı hale getirmelerine yardımcı olur.

Tablo 5'te yer alan bulgular, "Maddenin Doğası" ünitesinin programlar arası bileşenlerinin, Seligman'ın PERMA modelinin temel öğeleriyle güçlü bir şekilde ilişkilendiğini göstermektedir. Öğrenciler deney yapma, sınıflandırma, çıkarım ve model oluşturma gibi bilimsel süreçlerle başarı duygusunu pekiştirirken, merak ve sorgulama davranışları

öğrenmeye yönelik pozitif duyguların oluşmasına zemin hazırlamaktadır. Yaratıcılık, oyun ve disiplinler arası entegrasyon, öğrencilerin derse aktif katılımını ve dikkatini artırmakta ayrıca farklı okuryazarlık becerileri ile eleştirel düşünme ve tartışma süreçleri, öğrenilen bilgilerin anlamlandırılmasına ve günlük yaşamla ilişkilendirilmesine katkı sağlamaktadır. Sosyal farkındalık, iletişim ve iş birliği gibi unsurlar ise olumlu sosyal ilişkilerin gelişmesini desteklemektedir. Bu çok boyutlu yaklaşım, öğrencilerin hem bilişsel hem de duyuşsal alanlardaki gelişimini bütüncül biçimde destekleyerek fen eğitiminde etkinliği artırmaktadır.

Tablo 6

"Yaşamımızdaki Elektrik" Ünitesinin Programlar Arası Bileşenleri ile Seligman'ın PERMA Modeli Arasındaki Ortak Noktalar

Programlar Arası Bileşenler	PERMA Ögesi	Açıklama (Ortak Nokta)
Sınıflandırma, Hipotez Oluşturma, Deney Yapma, Bilimsel Gözlem, Problem Çözme	Başarı	Hipotez kurma, gözlem yapma, deney tasarlama ve problem çözme süreçleri öğrencinin başarı hissini ve öz yeterliliğini destekler.
Oyunseverlik, Uzmanlaşma, Sistemati Olma	Katılım	Eğlenceli deneyler, sistematik ilerleme ve alanla ilgili uzmanlaşma isteği derse aktif katılımı ve akış hissini artırır.
Soru Sorma, Bilgi Toplama, Genelleme	Anlam	Soru sorma, veri toplama ve genelleme yoluyla öğrenciler öğrenmeyi anlamlandırır ve bilgiyle hayat arasında bağ kurar.
Kendini Tanıma, Kendini Düzenleme, Çalışkanlık	Pozitif Duygular	Öğrenci öz farkındalık geliştirerek kendi başarısını izler, düzenli çalıştıkça olumlu duygular ve özgüven oluşur.
İletişim, İş Birliği, Sorumluluk, Yardımseverlik	İlişkiler	Grup etkinlikleri ve sorumluluk paylaşımı sayesinde öğrenciler sağlıklı sosyal ilişkiler geliştirir.
Bilgi Okuryazarlığı, Okuryazarlık, Veri Okuryazarlığı	Anlam	Elektrik devrelerini anlamlandırmak için bilgiye erişim, dijital kaynak kullanımı ve veri değerlendirme süreçleri anlam inşasına katkı sağlar.

Tablo 6'da görüldüğü üzere, "Yaşamımızdaki Elektrik" ünitesinde yer alan programlar arası bileşenler, PERMA modelinin beş bileşeniyle uyumlu bir bütünlük göstermektedir. Hipotez oluşturma, deney yapma ve problem çözme gibi etkinlikler öğrencilerin başarı ve öz yeterlik duygusunu güçlendirmekte. Eğlenceli deneyler, sistematik çalışma ve alan uzmanlığı arayışı derse aktif katılımı desteklerken, soru sorma ve veri toplama süreçleri öğrenmenin anlamlandırılmasına katkı sağlamaktadır. Öz farkındalık ve düzenli çalışma pozitif duyguların gelişmesine imkân verirken, etkili iletişim ve iş birliği sosyal ilişkilerin güçlenmesini sağlamaktadır. Ayrıca bilgi ve dijital okuryazarlık becerilerinin kullanımı

öğrencilerin anlam inşasını pekiştirmektedir. Bu kapsamlı yaklaşım, öğrencilerin bilişsel ve duyuşsal alanlardaki gelişimini bütüncül olarak desteklemektedir.

Tablo 7

"Sürdürülebilir Yaşam ve Geri Dönüşüm" Ünitesinin Programlar Arası Bileşenleri ile Seligman'ın PERMA Modeli Arasındaki Ortak Noktalar

Programlar Arası Bileşenler	PERMA Ögesi	Açıklama (Ortak Nokta)
Bilimsel Çıkarım Yapma, Sınıflandırma, Bilgi Toplama, Karar Verme	Başarı	Bilimsel çıkarım yapma, sınıflandırma ve karar verme gibi süreçler öğrencinin problem çözme becerisi ve başarı hissini destekler.
Açık Fikirlilik, Soru Sorma, Tartışma	Katılım	Öğrencilerin açık fikirli tartışmalara ve sorgulayıcı etkinliklere katılması, derse aktif katılım ve ilgi oluşturur.
Sürdürülebilirlik Okuryazarlığı, Kültür Okuryazarlığı, Vatandaşlık Okuryazarlığı, Sanat Okuryazarlığı	Anlam	Geri dönüşüm ve sürdürülebilirlik gibi değer temelli konular öğrencinin çevreye katkı sağladığını hissederek anlamlı öğrenme yaşamasını sağlar.
Kendini Tanıma, Kendini Düzenleme, Duyarlılık, Tasarruf	Pozitif Duygular	Kendi tüketim alışkanlıklarını fark eden ve düzenleyen öğrencilerde çevre duyarlılığıyla birlikte olumlu duygular gelişir.
İletişim, İş birliği, Sorumlu Karar Verme, Sorumluluk, Saygı, Vatanseverlik	İlişkiler	Grup çalışmaları ve çevresel karar süreçleri, öğrenciler arası iş birliğini ve topluma karşı sorumluluk duygusunu artırır.

Tablo 7'de yer alan bulgular, "Sürdürülebilir Yaşam ve Geri Dönüşüm" ünitesinin programlar arası bileşenleriyle PERMA modelinin tüm bileşenleri arasında güçlü bir uyum içinde olduğunu göstermektedir. Öncelikle bilimsel çıkarım yapma, sınıflandırma, bilgi toplama ve karar verme süreçleri öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirmekte ve bu yolla başarı hissini pekiştirmektedir. Bu beceriler, öğrencilerin karşılaştıkları çevresel sorunlara analitik yaklaşımlar geliştirmesine olanak tanımaktadır. Ünitenin bir diğer önemli boyutu olan açık fikirli tartışma ve sorgulayıcı etkinlikler, öğrencilerin derse aktif katılımını ve ilgisini artırarak katılım boyutunu desteklemektedir. Bu süreçte öğrenciler, farklı bakış açılarını değerlendirmeyi öğrenerek eleştirel düşünme yetilerini geliştirir ve öğrenme sürecine daha derinlemesine dahil olur. Özellikle sürdürülebilirlik, çevre ve geri dönüşüm gibi değer temelli temaların işlenmesi, öğrencilerin öğrendiklerini yaşamla ilişkilendirmesine ve bu bilgileri anlamlandırmasına olanak sağlar. Bu durum, anlam bileşenini güçlendirir ve öğrencilerin öğrenmelerini sadece akademik bir yükümlülük olarak değil, topluma ve çevreye katkı sağlama sorumluluğu olarak

görmelerini teşvik eder. Bunun yanı sıra öğrencilerin kendi tüketim alışkanlıklarını fark etmeleri, kendilerini tanımaları ve düzenlemeleri, çevreye karşı duyarlılıklarını artırarak olumlu duygular geliştirmelerini sağlar. Bu olumlu duygular, hem bireysel farkındalığı hem de öğrenmeye yönelik içsel motivasyonu destekler. Son olarak iletişim, iş birliği, sorumlu karar verme ve sorumluluk duygusu gibi sosyal beceriler, öğrenciler arasında güçlü ve sağlıklı ilişkilerin kurulmasına zemin hazırlar. Grup çalışmaları ve ortak çevresel karar alma süreçleri, bireylerin sosyal sorumluluk bilincini ve aidiyet duygusunu geliştirir. Ayrıca saygı, vatanseverlik ve toplumsal duyarlılık gibi değerlerin de güçlendirilmesi, öğrencilerin sadece bireysel değil toplumsal düzeyde de sorumluluk sahibi bireyler olarak yetişmelerine katkı sağlamaktadır. Bu çok boyutlu ve bütüncül yaklaşım, fen bilimleri eğitiminin hem bilişsel hem de duyuşsal boyutlarını aynı anda geliştirmekte ve öğrencilerin sürdürülebilir yaşam bilincini etkin şekilde kazanmalarını sağlamaktadır.

Analiz sonucunda, tüm ünitelerin PERMA modelinin en az üç bileşeniyle doğrudan ilişkili olduğu görülmüştür. Örneğin:

- **“Gökyüzündeki Komşularımız ve Biz”**: Bilimsel çıkarım ve model kurma becerileri başarı boyutunu desteklerken, merak ve kendini tanıma süreçleri pozitif duygular geliştirmektedir.
- **“Kuvveti Tanıyalım”**: Özgün düşünme ve soru sorma pozitif duyguları; disiplinler arası tasarım çalışmaları ise katılımı artırmaktadır.
- **“Canlıların Yapısına Yolculuk”**: Empati, iş birliği ve sorumluluk ilişkiler boyutunu güçlendirmektedir.
- **“Sürdürülebilir Yaşam ve Geri Dönüşüm”**: Çevresel sorumluluk bilinci, anlam boyutunu pekiştirirken grup çalışmaları ilişkileri desteklemektedir.

Bulgular, programın yalnızca bilişsel beceriler değil sosyal-duygusal gelişimi de hedeflediğini göstermektedir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, 2024 yılı Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli çerçevesinde hazırlanan 5. sınıf Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı; Martin Seligman tarafından geliştirilen PERMA (Positive Emotions, Engagement, Relationships, Meaning, Accomplishment) modeli doğrultusunda incelenmiş ve öğretim programının iyi oluş odaklı yapısı derinlemesine değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, programın yalnızca bilişsel gelişimi hedefleyen geleneksel öğretim anlayışından ayrılarak öğrencilerin duyuşsal, sosyal ve psikolojik iyi oluşunu da merkezine aldığını göstermektedir.

Her bir ünite, PERMA modelinin beş bileşeniyle çok boyutlu biçimde ilişkilendirilmiştir. Örneğin, “Gökyüzündeki Komşularımız ve Biz” ünitesinde bilimsel çıkarım yapma ve model kurma becerileriyle başarı (accomplishment) boyutu desteklenirken, “Kuvveti Tanıyalım” ve “Canlıların Yapısına Yolculuk” üniteleri pozitif duyguların (positive emotion) gelişimine katkı sağlamaktadır. Öğrencilerin grup çalışmaları, oyun temelli öğrenme ve disiplinler arası etkileşimlerle aktif olarak derse katılmaları (engagement) ve sosyal ilişkilerini güçlendirmeleri (relationships) ise bütün program boyunca tutarlılık göstermektedir. Özellikle anlam boyutunun (meaning) sürdürülebilirlik, çevresel duyarlılık ve değerler eğitimiyle güçlendirilmesi, öğrencilerin öğrenmeye yönelik daha derin bir bağlılık geliştirmesine olanak tanımaktadır.

Bu bulgular, Coffey ve arkadaşlarının (2014) iyi oluşun gelişimsel seyrine ilişkin araştırmalarıyla ve Forgeard ve arkadaşlarının (2011) PERMA modelinin eğitim bağlamındaki işlevselliğine ilişkin tespitleriyle örtüşmektedir. Ayrıca umut, anlam ve öz düzenleme gibi psikolojik kavramların öğretim programlarında yapılandırılmış biçimde yer alması, Griggs (2017) ve Hergenrather ve arkadaşlarının (2013) pozitif psikolojinin eğitimdeki rolüne ilişkin çalışmalarını destekler niteliktedir.

Türkiye bağlamında yürütülen araştırmalar da bu sonuçları güçlendirmektedir. Demirci ve arkadaşları (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışma, PERMA modeline dayalı ölçeğin Türkçe uyarlamasını yaparak modelin beş boyutunun öğrencilerin iyi oluşunu güvenilir biçimde yordadığını göstermiştir. Araştırmada ölçeğin tüm boyutlarının psikolojik iyi oluşla pozitif yönde ve anlamlı ilişkiler kurduğu özellikle olumlu duygular, ilişkiler ve anlam boyutlarının öğrencilerin yaşam doyumu ile güçlü bir bağlantı gösterdiği rapor edilmiştir. Bu sonuçlar, PERMA’nın yalnızca kuramsal değil ölçülebilir ve eğitim ortamlarında uygulanabilir bir çerçeve sunduğunu kanıtlamaktadır.

Benzer biçimde Gümüş ve arkadaşlarının (2022), PERMA temelli pozitif psikoloji eğitiminin öğrencilerin olumlu duygular, anlam ve başarı boyutlarında anlamlı artışlar sağladığını göstermiştir. Bu bulgular, programın yalnızca bilgi aktarımı değil aynı zamanda öğrencilerin psikolojik sağlık ve öznel iyi oluşunu geliştirmeyi hedeflediğini desteklemektedir.

Bulgular, aynı zamanda çağdaş öğrenme kuramlarıyla da uyumludur. Öz düzenleme, empati, yaratıcılık, açık fikirlilik gibi beceriler yalnızca bireysel başarıyı değil aynı zamanda toplumsal duyarlılığı, sürdürülebilir yaşam bilincini ve sosyal sorumluluğu da artırmaktadır. Bu durum, sadece fen eğitiminin bilgi aktaran değil aynı zamanda değer kazandıran, yaşamla bütünleşen bir yapıya evrildiğini göstermektedir. Programın öğrenciyi merkeze alan, çok boyutlu ve bireyin potansiyelini destekleyen yapısı, pozitif psikolojinin eğitimle birleştiği güçlü bir örnek olarak değerlendirilebilir.

ÖNERİLER

Bu çalışmanın bulguları doğrultusunda öğretim programlarının yalnızca bilişsel kazanımlara odaklanmaktan ziyade, öğrencilerin psikolojik iyi oluşunu da destekleyecek biçimde yapılandırılması gerektiği görülmektedir. Bu bağlamda PERMA modeli gibi pozitif psikoloji temelli kuramsal çerçevelerin öğretim programlarının planlanma ve uygulanma süreçlerine entegre edilmesi önerilmektedir. Özellikle fen bilimleri öğretiminde öğrencilerin olumlu duygular geliştirmesi, öğrenmeye aktif katılım göstermesi, anlamlı sosyal ilişkiler kurması ve öğrenmeye anlam yüklemesi, kalıcı başarı için temel bileşenler olarak görülmelidir.

Öğretmenlerin bu süreçte etkin rol üstlenebilmeleri için öğretmen yetiştirme programlarında ve hizmet içi eğitimlerde pozitif psikoloji, umut, iyi oluş ve değer temelli eğitim konularına yer verilmesi önem arz etmektedir. Ders materyalleri yalnızca bilgi aktarımıyla sınırlı kalmamalı; oyun, problem çözme, iş birliği ve disiplinler arası etkileşim gibi etkinliklerle zenginleştirilerek öğrencinin derse duygusal ve sosyal olarak da bağ kurmasını sağlamalıdır. Ayrıca okullarda psikolojik danışmanlık ve rehberlik hizmetleri aracılığıyla öğrencilere yönelik iyi oluş odaklı destekleyici programların geliştirilmesi, öğrenme süreçlerinin bütüncül yapısına katkı sağlayacaktır. Eğitim politikalarının belirlenmesinde sadece akademik başarı göstergeleri değil öğrencilerin iyi oluş düzeyleri de dikkate alınmalı, bu çerçevede ölçülebilir göstergeler belirlenerek uygulamaların etkililiği izlenmelidir.

Gelecek araştırmalarda PERMA modeline dayalı öğretim yaklaşımlarının farklı yaş grupları, sosyo-kültürel bağlamlar ve disiplinler üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmelidir. Karma yöntemle yapılacak araştırmalar, modelin uygulanabilirliğini ve öğrenci gelişimine katkısını daha net ortaya koyacaktır. Böylece eğitim sisteminin çok boyutlu gelişimi için bilimsel dayanaklar güçlenecek, öğrencilerin yalnızca bilgiyi öğrenen değil kendini tanıyan, anlam arayan, iş birliği yapan ve mutlu bireyler olarak yetiştirmeleri desteklenmiş olacaktır.

Çıkar Çatışması Bildirimi

Yazar(lar); bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayımlanmasına ilişkin herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan etmemiştir.

Destek/Finansman Bilgileri

Yazar(lar); bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayımlanması için herhangi bir finansal destek almamıştır

Etik Kurul Kararı/İzin

Bu araştırma için katılımcı noktasında herhangi bir veri toplanmamış yalnızca dokümanlar incelenmiştir. Araştırma sırasında tüm etik kurallara uyulmuştur.

KAYNAKÇA

- Büyüköztürk, Ş. (2017). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı* (23. baskı). Pegem Akademi Yayıncılık.
- Coffey, J. K., Wray-Lake, L., Mashek, D., & Branand, B. (2016). A multi-study examination of well-being theory in college and community samples. *Journal of Happiness Studies*, 17(1), 187–211.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. Harper & Row.
- Demirci, İ., Ekşi, H., Dinçer, D., & Kardaş, S. (2017). *Beş boyutlu iyi oluş modeli: PERMA ölçeği Türkçe formunun geçerlik ve güvenirliği*. The Journal of Happiness & Well-Being, 5(1), 60-77
- Eryılmaz, A. (2012). Pozitif psikoterapi bağlamında geliştirilen ergenler için amaçları genişletme grup rehberliği programının etkililiğinin incelenmesi. *Eğitim ve Bilim*, 37(164), 3-19.
- Eryılmaz, A. (2015). Pozitif grup psikoterapisinin etkililiğinin incelenmesi: Bir ön çalışma. *Kesit Akademi Dergisi*, 1(2), 13-24. <https://doi.org/10.18020/kesit.13>
- Forgeard, M. J. C., Jayawickreme, E., Kern, M., & Seligman, M. E. P. (2011). Doing the right thing: Measuring wellbeing for public policy. *International Journal of Wellbeing*, 1(1), 79–106.
- Griggs, S. (2017). Hope and mental health in young adult college students: An integrative review. *Journal of Psychosocial Nursing and Mental Health Services* 55(2), 28–35 <https://doi.org/10.3928/02793695-20170210-04>
- Güldal, Ş., & Satan, A. (2020). The effect of mindfulness based psychoeducation program on adolescents' character strengths, mindfulness and academic achievement. *Current Psychology*, 41(7), 6608-6619. <https://doi.org/10.1007/s12144-020-01153-w>
- Gümüş, Z., Keskin, R., & Tarhan, N. (2022). *PERMA modeline göre pozitif psikoloji eğitiminin iyi oluş üzerine etkisi*. Üsküdar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 14, 1-12.
- Hergenrather, K. C., Geishecker, S., Clark, G., & Rhodes, S. D. (2013). A pilot test of the HOPE intervention to explore employment and mental health among African

- American gay men living with HIV/AIDS: Results from a CBPR study. *AIDS Education and Prevention*, 25. <https://doi.org/10.1521/aeap.2013.25.5.405>
- Higgins, E. T. (2006). Value from hedonic experience and engagement. *Psychological Review*, 113(3), 439–460.
- Kaya, Ç. (2019). *Bağlamsal pozitif psikoloji yaklaşımına dayalı grupla psikolojik danışmanın psikolojik işlevsellik göstergeleri üzerindeki etkisi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Marmara Üniversitesi.
- Keven-Aklıman, Ç., & Eryılmaz, A. (2017). The effectiveness of a body image group counselling program on adolescent girls in high school. *International Journal of Psychology and Educational Studies*, 4(2), 10-23. <https://doi.org/10.17220/ijpes.2017.02.002>
- Khaw, D., & Kern, M. L. (2015). A cross-cultural comparison of the PERMA model of well-being. *Undergraduate Journal of Psychology at Berkeley*, 8(1), 10–23.
- Kıral, B. (2020). *Nitel bir veri analizi yöntemi olarak doküman analizi*. Siirt Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 8(15), 170-189.
- Kun, Á., Balogh, P., & Krasz, K. G. (2017). Development of the work-related well-being questionnaire based on Seligman's PERMA model. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 25(1), 56–63.
- Liu, M., & Huang, X. (2013). Hope: A review of research in psychology. *Advances in Psychological Science*, 21(3), 548-560. <https://doi.org/10.3724/SP11042.2013.00548>
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis* (2. baskı). Sage Publications.
- Morgan, H. (2022). Conducting a qualitative document analysis. *The Qualitative Report*, 27(1), 64-77.
- Seligman, M. (2018). PERMA and the building blocks of well-being. *The Journal of Positive Psychology*, 13(4), 333–335.
- Seligman, M. E. P. (2012). *Flourish: A visionary new understanding of happiness and well-being* (2nd ed.). Random House.
- Snyder, C. R. (2000). *Handbook of Hope: Theory, Measures, and Applications*. Calif: Academic Press. Retrieved from <https://search.worldcat.org/zh-cn/title/44057966>
- Snyder, C. R. (2002). Hope Theory: Rainbows in the Mind. *Psychological Inquiry*, 13(4), 249-275. https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1304_01

Tavşancıl, E., & Aslan, E. (2001). *İçerik analizi ve uygulama örnekleri* (1. baskı). Epsilon Yayınları.

Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (9. baskı). Seçkin Yayıncılık.



Development of an AI-Supported Augmented Reality Chemistry Assistant and Investigation of Its Effect on Students' Attitudes toward Augmented Reality Technology

Hayrunnisa KARABACAK¹, Başak AKAR², Süleyman AKAR³, Ekrem AKSAN⁴, Süleyman Ardıç ÖZDEN⁵

¹ Ministry of National Education, Science Expert / Expert Teacher, Şahinbey City Municipality Science and Art Center, Gaziantep, krbck.nisa@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-2605-8491>

² Ministry of National Education, Science Expert / Expert Teacher, Şahinbey City Municipality Science and Art Center, Gaziantep, basakakar8989@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-5798-9705>

³ Ministry of National Education, Science Expert / Expert Teacher, Şehitkamil Nuray Tuncay Kara Science and Art Center, Gaziantep, mr.suleymanakar@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-3717-847X>

⁴ Ministry of National Education (MNE), Student, Şahinbey City Municipality Science and Art Center, Gaziantep, ekremaksan.77@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-6803-181X>

⁵ Ministry of National Education (MNE), Student, Şahinbey City Municipality Science and Art Center, Gaziantep, ardicozden27@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-9019-2682>

Received: 18.05.2025

Accepted: 15.09.2025

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc>.

Abstract: The primary aim of this study is to classify chemicals used in chemical depots and laboratories and to develop a database/AG application, while scientifically evaluating the impact of the AG application on students' attitudes toward AG technology to generate meaningful data for the use of AG technologies in education. To this end, the ADDIE instructional design model and artificial intelligence tools were employed to classify chemicals by application area, and an AG application and a website were developed. The effect of the developed AG application on the attitudes toward AG technology of 20 students aged 10, 11, and 12 in the study sample was examined using a one-group pretest-posttest design. Data from the pretest and posttest were analyzed with a paired-

samples t-test, and the statistical significance of the results was assessed. Additionally, the effects of age and gender on attitude scores were examined using ANOVA and independent-samples t-tests. The data were analyzed using the JASP software. The analyses indicated that the AG application increased the study group's attitudes toward AG, and these attitude scores were not influenced by gender or age. The developed chemistry assistant AG application, website, and mobile app positively influenced AG attitudes with a large effect size, and the use of QR codes facilitated quick access to information, supporting user adoption and providing an educational experience overall. The AG application, as a chemistry assistant, is considered important for helping students understand abstract concepts in chemistry in a more concrete manner and for making the experimental process safer and more effective.

Key words: Augmented reality, artificial intelligence, chemistry education, VR application

Corresponding author: Hayrunnisa KARABACAK, krbck.nisa@gmail.com

EXTENDED SUMMARY

Introduction

This study presents a comprehensive evaluation of the effective use of numerous chemicals found in the chemical storage of Science and Art Centers (BİLSEM) within the framework of the New Education Model. The primary aim of this research is to prevent resource wastage and stimulate students' scientific curiosity. To achieve this, an Augmented Reality (AR) application and a website were developed using the ADDIE instructional design model, leveraging artificial intelligence tools. The impact of the developed AR application on students' attitudes towards AR technology was quantitatively analyzed using dependent sample t-tests to compare pre- and post-application attitude scores. Additionally, the effects of age and gender variables on attitude scores were examined using ANOVA and independent sample t-tests. The data obtained were analyzed using the JASP program. The results indicated that the AR application significantly increased the participants' attitudes toward AR, which were not influenced by gender or age. The developed chemistry assistant, website, mobile application, and AR application demonstrated a positive and substantial impact on students' attitudes towards AR. The ease of access to information through QR codes facilitated user adoption of the application, providing an overall educational experience for students. This AR application is considered important as it helps students understand abstract concepts like chemistry in a more concrete manner and makes the experimental processes safer and more effective.

Method

The study employed a quasi-experimental design with a single group pre-test and post-test model. The sample consisted of 20 students from the 5th to 7th grades attending BİLSEM in a central district of the Southeastern Anatolia Region during the 2024-2025 academic year. Ethical considerations were strictly followed, with necessary permissions obtained from relevant institutions. The data collection tools included the "Attitude Scale for Augmented Reality Applications in Middle Schools," which was validated through exploratory factor analysis, demonstrating a good internal consistency reliability coefficient of .83.

Data Collection

The data collection process involved administering the attitude scale before and after the implementation of the AR application. The pre-test aimed to establish baseline attitudes, while the post-test evaluated changes after a four-week application period. The study utilized quantitative data analysis methods, including independent sample t-tests to assess gender differences and ANOVA to examine age differences in attitude scores.

Data Analysis

Statistical analyses were conducted using JASP 0.18.1. Normality assumptions were checked through descriptive statistics, with skewness and kurtosis values analyzed to determine whether parametric or non-parametric tests should be applied. The results indicated that the attitude scores were normally distributed for the pre-test, allowing for the use of parametric tests. For the post-test, non-parametric tests were employed due to the lack of normal distribution.

Results and Discussion

The findings revealed that the AR application significantly enhanced students' attitudes toward AR technology, with a notable increase in post-test scores compared to pre-test scores. The dependent sample t-test results indicated a statistically significant difference ($t(19) = -2.67, p < 0.05$), suggesting that the application effectively improved students' attitudes. Cohen's d analysis showed a strong effect size, indicating a meaningful impact of the AR application on students' attitudes.

Moreover, the analysis of gender and age variables showed no significant differences in attitude scores. This suggests that the effectiveness of the developed application is independent of individual differences, highlighting its potential to engage a wide range of users. The AR application provided an interactive learning environment, allowing students to visualize complex chemical structures and processes, thereby enhancing their understanding of abstract concepts.

The study aligns with previous research indicating that AR technology serves as an effective learning tool in chemistry education, facilitating better comprehension of

scientific concepts (Wojciechowski & Cellary, 2013; Dunleavy & Dede, 2014). By providing students with hands-on experiences, the application not only made learning enjoyable but also fostered a deeper understanding of the subject matter.

Recommendations

Based on the findings, several recommendations can be proposed for future research and practice. First, it is suggested that further studies investigate the effects of the AR application on diverse demographic groups to assess its scalability and adaptability. This could provide valuable insights into how educational technologies can reach broader audiences and cater to varying learning needs.

Second, the integration of similar technologies in educational processes should be explored to enhance educational equity. By leveraging advancements in AR and artificial intelligence, educational institutions can create more engaging and effective learning environments that meet the needs of all students.

Lastly, it is essential for educators to receive training on the implementation of AR technologies in their teaching practices. Professional development programs should focus on equipping teachers with the skills and knowledge necessary to effectively integrate these innovative tools into their curriculum, ultimately improving student outcomes and learning experiences.

In conclusion, the developed AR application represents a significant advancement in chemistry education, demonstrating its potential as an effective educational tool. Its integration into teaching practices is recommended to enhance student engagement and understanding of complex scientific concepts. Future research should continue to explore the impact of educational technologies on diverse learner populations, contributing to the ongoing development of innovative teaching methods.

Yapay Zeka Destekli Artırılmış Gerçeklik Kimya Asistanı Geliştirilmesi ve Öğrencilerin Artırılmış Gerçeklik Teknolojisine Yönelik Tutumlarına Etkisinin İncelenmesi

Hayrunnisa KARABACAK¹, Başak AKAR², Süleyman AKAR³, Ekrem AKSAN⁴, Süleyman Ardıç ÖZDEN⁵

¹ MEB, Bilim Uzmanı / Uzman Öğretmen, Şahinbey Belediyesi Bilim ve Sanat Merkezi, Gaziantep, krbck.nisa@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-2605-8491>

² MEB, Bilim Uzmanı / Uzman Öğretmen, Şahinbey Belediyesi Bilim ve Sanat Merkezi, Gaziantep, basakakar8989@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-5798-9705>

³ MEB, Bilim Uzmanı / Uzman Öğretmen, Şehitkamil Nuray Tuncay Kara Bilim ve Sanat Merkezi, Gaziantep, mr.suleymanakar@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-3717-847X>

⁴ MEB, Öğrenci, Şahinbey Belediyesi Bilim ve Sanat Merkezi, Gaziantep, ekremaksan.77@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-6803-181X>

⁵ MEB, Öğrenci, Şahinbey Belediyesi Bilim ve Sanat Merkezi, Gaziantep, ardicozden27@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-9019-2682>

Gönderme Tarihi: 18.05.2025

Kabul Tarihi: 15.09.2025

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc>.

Özet: Bu çalışmanın temel amacı, kimya depoları ve laboratuvarındaki kimyasalları sınıflandırarak veri tabanı/AG uygulaması geliştirme ve AG uygulamasının öğrencilerin AG teknolojisine yönelik tutumları üzerindeki etkisini bilimsel yöntemlerle değerlendirerek eğitimde AG teknolojilerinin kullanımına dair önemli veriler elde etmektir. Bu amaçla yola çıkılarak ADDIE öğretim tasarım modeliyle yapay zekâ araçlarından yararlanılarak kimyasallar kullanım alanlarına göre sınıflandırılmış ve AG uygulaması ile internet sayfası geliştirilmiştir. Geliştirilen AG uygulamasının çalışma grubundaki 10, 11 ve 12 yaşlarındaki 20 öğrencinin AG teknolojisine yönelik tutumları üzerindeki etkisi tek gruplu ön-test/son-test tasarımı ile incelenmiştir. Ön test son testlerden elde edilen veriler, bağımlı gruplar t-testi ile analiz edilerek elde edilen verilerin istatistiksel anlamlılık düzeyleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca tutum puanlarında yaş ve cinsiyet değişkeninin etkisine ANOVA ve bağımsız örneklem t-testiyle bakılmıştır. Elde edilen veriler, JASP programıyla analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda AG uygulaması ile çalışma grubunun AG tutumlarının arttığı görülmüştür. AG tutum puanları cinsiyet ve yaştan etkilenmemiştir. Geliştirilen kimya asistanı olan AG uygulaması, web sitesi ve mobil uygulama AG tutumlarını olumlu yönde ve büyük etki derecesinde etkilediğini göstermiştir. Kullanıcıların QR kodlar aracılığıyla bilgiye hızlı erişimi, uygulamanın kullanıcılar tarafından benimsenmesini kolaylaştırmış ve genel anlamda öğrencilere eğitici bir deneyim sunmuştur. Geliştirilen AG uygulaması bir kimya asistanı olarak kullanılarak hem öğrencilerin kimya gibi soyut kavramları daha somut bir şekilde anlamalarına yardımcı olmak hem de deney yapma süreçlerini daha güvenli ve etkili hâle getirmek amacıyla tasarlanması açısından önemli görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Artırılmış gerçeklik, yapay zekâ, kimya eğitimi, AG uygulaması

Sorumlu yazar: Hayrunnisa KARABACAK, krbck.nisa@gmail.com

GİRİŞ

Teknolojinin eğitime entegrasyonunun sağlanması devletlerin eğitim politikalarına yansımaktadır. Yaşanan hızlı teknolojik gelişmeler 2000’li yıllardan günümüze ülkemizdeki eğitim politikaları ve eğitim modellerinde değişikliği ve yenilikleri de beraberinde getirmiştir. Fırsatları Artırma ve Teknolojiyi İyileştirme Hareketi (FATİH) ile birlikte eğitim teknolojilerinde başlayan değişim ve yenilikler Türkiye Yüzyılı Maarif Modelinde (TYMM) de devam etmiştir. TYMM kapsamında hazırlanan eğitim programlarında kavramsal anlayışı desteklemek için etkileşimli içeriklerin ve sanal laboratuvarların kullanılması, büyük verilerin analiz edilmesinde yapay zekâ (YZ) destekli makine öğrenmesi ve kişiye özel öğrenmeleri sağlamak için yapay zekâ tabanlı öğrenme metotlarının yer aldığı görülmektedir (MEB, 2025). Bu eğitim teknolojisi uygulamalarının, eğitimde istendik bir kalite sağlanmasında önemli roller üstleneceği düşünülmektedir (Bülbül & Ersöz, 2022; Sinap, 2024; Şimşek, 2022).

Geleceğe sistematik bir bakış açısı ile bakıldığında artırılmış gerçeklik (AG) ve YZ gibi gelişen teknolojilerin, eğitim teknolojileri üzerinde kayda değer bir etki yaratacağı öngörülmektedir (Dubé & Wen, 2021; Yörük, 2024). Eğitimde AG uygulamaları, öğrenme deneyimlerini zenginleştirme açısından öne çıkmakta; öğrencilerin bilgi, beceri ve performansına olumlu katkılar sunmakta ayrıca öğrencilerin öğrenmeye yönelik tutumlarını olumlu yönde etkilemekte ve motivasyonlarını artırmaktadır (Chang vd., 2022). AG teknolojisindeki ilerleme, AG’yi daha erişilebilir hâle getirmiş ve uygulanabilirliği önemli ölçüde artırmıştır (Challenor & Ma, 2019). AG ile öğrencilerin soyut kavramları daha somut bir biçimde görselleştirmesi sağlanarak öğrenme süreci daha etkin hâle getirilebilecektir. YZ’nin eğitimde kullanımı ile öğrenci verilerini izleme ve analiz etme, bireysel öğrenci ihtiyaçlarının belirlenmesi, kişiselleştirilmiş kaynak sunumu gibi avantajlar elde edilmektedir (Crompton & Barke, 2022; Hinojo-Lucena vd., 2019; Yıldız & Zengin, 2025). YZ tabanlı sistemler, öğrencilerin öğrenme süreçlerini analiz ederek onların zayıf yönlerini belirleyebilir, bu alanlarda destekleyici materyaller sunabilir (Sevil & Gökoğlu, 2024) ve eğitimde fırsat eşitliği sağlamanın önündeki engellerin kaldırılmasına destek sağlayabilir. Öğrencilerin ilerlemeleri ve öğrenme süreçleri hakkında öğretmenlere anlık geri bildirim sağlanması, eğitimde daha etkili sonuçlar alınmasına yardımcı olur. Böylelikle YZ geri bildirim aracı olarak da kullanılabilir (Yörük, 2024). Bireysel öğrenci ihtiyaçlarına göre değerlendirme veri analiz süreçlerinde YZ ile birlikte makine öğrenim (MÖ) tekniklikleri de kullanılabilir (Tetik & Akın, 2023; Zhang & Aslan, 2021). MÖ ile birlikte eğitim sürecinin herhangi bir aşamasında istendik amaca veri-model-tahmin döngüsü ile daha kolay erişilebilir (Sevil & Gökoğlu, 2024).

TYMM kapsamında hazırlanan öğretim programları ile üst düzey düşünme ve bilimsel süreç becerilerinin kazandırılmasının amaçlandığı ayrıca öğrenci merkezli bütüncül bir eğitim anlayışının benimsendiği görülmektedir (MEB, 2025). Öğretim programlarına YZ, AG ve MÖ araçlarının entegrasyonu eğitim süreçleri üzerinde derin bir etki yaratma potansiyeli gösterebilecektir. Yapılan araştırmalar, bu araçların fen (fizik, kimya ve biyoloji) alanında kullanımının öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini, performanslarını ve başarılarını artırdığını belirtmektedir (Adams vs., 2022; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018; Rahmat vd., 2023). Bilgi adımlarında değerlendirme, öğrenme ve akıllı kimya laboratuvarı simülasyonları gibi YZ destekli araçlar kimya öğretiminde kavramsal tanımlamaların daha doğru anlaşılmasını sağlamakta, öğrencileri analiz ederek kişiselleştirilmiş çalışma önerileri sunmakta, sanal laboratuvar ortamında deney yapma imkânı vermekte ve geri bildirimler vererek hataları hızlı bir şekilde düzeltmektedir (Chen vd., 2020). Bu bağlamda YZ, AG ve MÖ araçlarının kimya gibi soyut bir disiplinin öğretiminde etkili olabileceği düşünülebilir.

Kimya Dersi İçin Yapay Zeka, Makine Öğrenmesi Ve Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Kullanımı

Fen bilimleri eğitiminde kullanılan YZ araçları, karmaşık bilimsel kavramların anlaşılmasını kolaylaştıran etkileşimli araçlardır. Kimya da çoğu zaman soyut kavramlar ve kompleks yapılar içeren bir derstir (Ayyıldız & Çubukçu, 2022). AG teknolojisi; atom yapıları, moleküller ve kimyasal reaksiyonlar gibi soyut bilgilerin görselleştirilerek öğrencilerin daha iyi anlamasını sağlaması açısından oldukça önemli görülen yenilikçi öğretim yöntemidir (Yağcı & Şentürk, 2023). Ayrıca öğrenciler, sanal ortamda kimyasal deneyler gerçekleştirme imkânı bulduğunda öğrenme deneyimleri daha eğlenceli ve etkili hâle gelir ve soyut kavramların somutlaştırılmasına imkân sağlanırken bilimin eğlenceli yüzü de keşfedilmiş olur (Çolak Yazıcı, 2023).

MÖ ve YZ, öğrencilerin deneylerde karşılaştıkları problemleri ve veri analizlerini daha hızlı ve doğru bir şekilde yapmalarını sağlayarak deneysel öğrenme süreçlerinin daha verimli gerçekleşmesine yardımcı olur (Groenewald vd., 2024). Kimya derslerinde YZ tabanlı sanal laboratuvar uygulamaları, öğrencilerin güvenli bir ortamda çeşitli reaksiyonları deneyimlemelerini sağlarken gerçeğe en yakın ortamlarda laboratuvar deneyimlemelerinin yanı sıra bilgi ve becerilerini artırır (Antonio & Castro, 2025; Bazie vd., 2024).

YZ ve MÖ'nin sunduğu otomatik veri analizi ve sınıflama imkanları ile eğitim kurumlarında bulunan kimyasal maddelerin verimli bir şekilde yönetilmesi daha elverişli hâle gelmektedir (Chiu, 2021). Bu durum, okulda öğretmenlerin; üniversite derslik ve laboratuvarlarda ise öğretim üyelerinin derslerde hangi kimyasalları kullanacaklarını daha iyi planlamalarına olanak tanır. Ayrıca öğrencilerin ders boyunca ihtiyaç duydukları

kaynaklara hızlı erişimi sağlanarak öğretimin kalitesi de artırılabilir. Böylelikle etkin bilgi yönetiminin sağlanabileceği düşünülebilir.

Yapay zekâ destekli uygulamalar, diğer derslerde olduğu gibi kimya dersinde de öğrencinin konu ile ilgili eksikliklerini tespit ederek bireyselleştirilmiş geri bildirim sunmakta; kendi öğrenme hızına ve eksikliklerine göre öğrenciyi desteklemektedir. Bu durum, kimya derslerinin daha ilgi çekici hâle gelmesine ve öğrencilerin kendi bireysel öğrenme hedeflerine ulaşmalarına da katkıda bulunur. Böylelikle farklılaştırılmış öğrenme yöntemleri de sunulmuş olur (Buluş & Elmas, 2024). Fen bilimleri – kimyada kullanılan farklılaştırılmış öğrenme yöntemleri olan eğitim uygulamaları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1

Fen Bilimleri – Kimyada Kullanılan Eğitim Uygulamaları

Uygulamalar	Uygulamaların Özellikleri
Science360	Science360; bilimle ilgili en son videoları, görselleri ve haberleri sunan bir uygulamadır. Kullanıcılar, farklı bilim dallarındaki yenilikleri ve araştırmaları keşfedebilir. Bu uygulama ile kimya dersinde öğrenciler, bilim dünyasındaki en yeni buluşları görebilir. Kimyasal reaksiyonlar veya süreçler hakkında görsel kaynaklarla öğrenme derinleştirilebilir.
Toca Lab (Elements)	Bu uygulama, kimyanın temel taşları olan periyodik tablo elementlerini eğlenceli ve etkileşimli bir şekilde keşfetmeye olanak tanır. Periyodik tablodaki elementlerin özelliklerini anlamaya yardımcı olur. Öğrencilerin bu uygulama ile elementleri deneyimleyerek öğrenmesi sağlanır.
Science Experiments	Uygulama, evde veya sınıfta yapılabilecek çeşitli bilim deneylerini adım adım açıklayan bir rehberdir. Öğrenciler güvenli bir şekilde kimyasal reaksiyonları deneyimleyebilir. Kavramların somut bir şekilde anlaşılmasına olanak sağlar.
Socrat AI	Yapay zeka destekli bir öğrenme uygulaması olup, kullanıcıların bilimsel sorularına anında cevap verebilir. Kimya konularında doğru ve hızlı geri bildirim sağlar. Özellikle problem çözme ve analiz süreçlerini destekler.
Science Journal	Bu uygulama, kullanıcıların bilimsel gözlemlerini ve deneylerini kaydetmelerini sağlar. Öğrenciler deney sonuçlarını sistematik olarak kaydedebilir. Deneyisel analizlerde öğrencilere bir düzen sağlar. Uygulama linki: https://play.google.com/store/apps/details?id=cc.arduino.sciencejournal&hl=tr&pli=1

Tablo 1’de belirtilen kimya eğitiminde kullanılan uygulamalar YZ, AG ve MÖ ile desteklenmektedir. Bu uygulamalar ile sistematik bir öğretim tasarımı yapabilmek için Analiz, Tasarım, Geliştirme, Uygulama ve Değerlendirme aşamalarından oluşan ADDIE

eğitim modelinin uygulayıcılara destek sağlayacağı düşünülebilir. ADDIE modeline göre tasarlanan ve YZ, AG ve MÖ ile harmanlanmış bir program öğrenci performanslarında artış sağlayabilecektir (Huda vd., 2022). Bu durum, uygulama süreçlerinde çeşitliliği artırarak bilgi, özerk öğrenme/eleştirel düşünmede artış, kuramsal ve pratik beceri çıktılarında ise gelişim gösterecektir (Chen vd., 2013; Luo vd., 2024).

Ulusal ve uluslararası alanyazında yapılan çalışmalar

Özbudak Kılıçlı'nın (2016) çalışmasında 8. sınıf Hücre Bölünmesi ve Kalıtım ünitesi için bütüncül yaklaşımla ve ADDIE öğretim tasarımıyla da yararlanılarak yeni bir program tasarlanmış ve uygulamıştır. Bu çalışma, ADDIE modelinin fen bilimleri branşlarında uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Ayrıca teknolojik gelişmeler eğitim programlarına yenilikler getirmekte ve çeşitliliği artırmaktadır. Ceylan ve Seçmen (2019), 11. sınıf öğrencilerine kimya dersinde yapmış oldukları çalışmalarında bilgisayar destekli öğretim materyali geliştirmek için ADDIE modelini kullanmışlardır. Bu çalışma, ADDIE modeli ile bilgisayar animasyonları oluşturulabileceğini göstermekle beraber YZ, AG ve MÖ araçlarının bu sürece dâhil edilebileceği konusunda araştırmacılara fikir verebilir.

Hızlı bir ivmelenme gösteren YZ teknolojisi, ADDIE gibi farklı eğitim modellerinin öğretim programlarının uygulanmasında ve eğitim süreçlerinde yaşanabilecek zorlukların aşılmasında kolaylık sağlayacaktır (Arslan, 2020). Böylece YZ daha üretken öğrenme etkinlikleri tasarlamada ve teknoloji destekli öğrenme ortamları geliştirmede uzmanlara yardımcı olabilecektir (Coşkun ve Küçükali, 2021). İncemen ve Öztürk (2024) tarafından gerçekleştirilen "Farklı Eğitim Alanlarında Yapay Zekâ: Uygulama Örnekleri" adlı çalışmada YZ'nin farklı eğitim alanlarında uygulanabilirliği incelenmiştir. YZ destekli 3 farklı öğrenme ortamlarını inceleyen bu çalışma, aşamaların hangi bilimsel alanlara uygunluğunu belirtmekte fakat bu sürecin eğitim modellerine ve öğretim programlarına nasıl entegre edilebileceği ile ilgili yol göstermemektedir.

AG ile ilgili 29 makalenin meta analiz yöntemiyle incelendiği bir çalışmada AG'nin öğrenci motivasyonu, anlama ve 21. yüzyıl becerilerini artırdığı anlaşılmakta ayrıca STEM ve oyun temelli öğrenmelerde pratiklik sağladığı görülmektedir (Tarmidzi vd., 2025). Ekici'nin (2019) çalışmasında artırılmış gerçeklik (AG) teknolojisinin, eğitimde özellikle fizik ve kimya derslerinde nasıl kullanılabileceği incelenmektedir. Çeşitli alanlarda uygulama potansiyeli olan AG'nin, eğitim ortamına eğlence ve çekicilik katmasının yanı sıra maddi tasarruf sağlayabileceği ortaya konmuştur. Ancak Türkiye'de fen öğretimi özellikle lise düzeyindeki karmaşık konularda yeterli düzeyde araştırma yapılmamıştır. Bu bağlamda çalışmada Unity 3D oyun motoru ve Vuforia kütüphanesi kullanılarak geliştirilen physAR ve ARchemist adlı iki mobil artırılmış gerçeklik uygulamasının, fen bilimleri öğretimine olumlu katkılar sağlayacağı öne sürülmektedir. Bu uygulamaların akademik başarı,

motivasyon, derslere yönelik tutum ve ilgi gibi boyutlarda değerli etkiler yaratacağı düşünülmektedir.

Ibanez ve arkadaşları (2017), fizik bölümü öğrencileri arasında gerçekleştirdikleri bir araştırmada, 112 üniversite öğrencisinin elektromanyetizma konusuna yönelik geliştirilmiş artırılmış gerçeklik (AG) simülatörünün motivasyon ve öğrenme üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçları, AG'nin öğrenci motivasyonu ve öğrenme süreçleri üzerinde pozitif bir etki yarattığını göstermektedir. Yu ve arkadaşları (2022), AG'nin STEM ve oyunlaştırma üzerindeki etkilerini sistematik olarak incelemişlerdir. Çalışma; AG'nin motivasyon, etkileşim ve öğrenme başarılarında olumlu etkileri olduğunu göstermektedir. Elkoumitti ve arkadaşları (2025), AG ve sanal gerçekliğin (SG) fen bilimleri eğitimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmanın bulguları, AG ve SG'nin dijital çağ için gerekli becerilerin kazanılmasında, aktif ve öğrenci merkezli öğrenme süreçlerine hazırlanılmasında teşvik edici etkisinin olduğunu göstermektedir.

Teknolojinin eğitime entegrasyonu birtakım olumsuzlukları da beraberinde getirebilmektedir. Idowu (2024) tarafından gerçekleştirilen çalışma, YZ'nin fırsat eşitsizliği doğurabileceğine karşın uyarılarda bulunmaktadır. Bu durumun başarı farkına yol açabileceği ve dezavantajlı gruplarda dışlanmalara neden olabileceği belirtilmektedir. Türkiye bağlamında bu risklerin öğretim programlarına ve değerlendirme süreçlerine yansıdığı ayrıca bazı etik sorunların yaşanabileceğini belirten çalışmalar da bulunmaktadır (Öksüz Gül, 2024; Temur, 2025). AG ile ilgili çalışmalarda ise yüksek maliyet, teknik zorluklar ve eğitim programları ile uyumsuzluk gibi olumsuz durumların yaşandığı ifade edilmektedir (Baraa Albishri vd., 2025). 2013-2023 yılları arasında yayınlanan 47 araştırmanın incelendiği bir çalışmada da cihaz uyumsuzluğu, ergonomik sorunlar, kısa pil ömrü, ücretli uygulamalar ve karmaşık kullanım gibi sorunlar ön plana çıkmaktadır (Lidiastuti vd., 2024).

Eğitim teknoloji uygulamalarının avantaj ve dezavantajlarının olduğu görülmektedir. YZ, AG ve MÖ gibi eğitim teknolojileri araçlarının öğretim programlarına entegrasyonunda bu durumlara dikkat edilmeli gerekir. Özellikle ADDIE gibi tasarım modeli uygulamalar ile bu araçların öğretim süreçleri ile bütünleştirilmesi dezavantajların etkilerini azaltabilecektir.

Çalışmanın Önemi ve Amacı

Bilim ve Sanat Merkezi (BİLSEM) kimya depolarında bulunan sayısız kimyasalın eğitim süreçlerinde etkin bir şekilde kullanılması, hem kaynakların israfını önlemek hem de öğrencilerin bilimsel meraklarını teşvik etmek açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada mevcut kimyasalların (280 çeşit, 400 adet) detaylı bir şekilde incelenerek her bir kimyasalın farklı deney ve etkinliklerde nasıl kullanılabileceği ve hangi öğrenme hedeflerine hizmet edeceği belirlenmiştir. Elde edilen bu veriler ışığında makine

öğrenmesi ve yapay zekâ tekniklerinden yararlanılarak kimyasallar ve kullanım alanlarına ilişkin temel alan bir AG uygulaması geliştirilmiştir. Geliştirilen AG uygulaması bir kimya asistanı olarak kullanılarak hem öğrencilerin kimya gibi soyut kavramları daha somut bir şekilde anlamalarına yardımcı olmak hem de deney yapma süreçlerini daha güvenli ve etkili hâle getirmek amacıyla tasarlanmıştır. Ayrıca alanyazına bakıldığında AG uygulamalarının eğitimde kullanıldığı görülmekle birlikte (Ibanez, vd., 2017; Güçlü, 2021; Mundilarto & Ismoyo, 2017; Özmen, 2019) ADDİE öğretim tasarım modeli ile geliştirilen uygulamaların ve bu uygulamalarının etkilerinin olduğu çalışmalara rastlanmamıştır. Çalışma bu yönden alanyazındaki boşluğu bir nebze de olsun doldurmayı hedeflemektedir. Bu çalışmanın temel amacı, geliştirilen AG uygulamasının öğrencilerin AG teknolojisine yönelik tutumları üzerindeki etkisini bilimsel yöntemlerle değerlendirerek eğitimde AG teknolojilerinin kullanımına dair önemli veriler elde etmektir. Bu çalışmada cinsiyet ve yaş değişkenleri dâhil edilmiştir çünkü AG tabanlı içeriklerin tutumlar üzerindeki etkisi demografik farklılıklara bağlı olarak değişebilmektedir. Cinsiyet değişkeni, öğrenciler arasındaki tutum varyasyonlarını incelemek ve potansiyel eşitsizliği tespit etmek amacıyla seçilmiştir. Yaş değişkeni ise farklı sınıf düzeyleri ve öğrenme evrelerindeki tutum farklılıklarını karşılaştırma ve uygulamanın çeşitli yaş gruplarındaki etkililiğini değerlendirme imkânı sağlayacağından seçilmiştir. Bu önem ve amaçtan yola çıkılarak aşağıdaki sorulara cevap aranacaktır:

- Çalışma grubunun cinsiyete göre ön test ve son test AG tutum puanları istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde farklılaşmakta mıdır?
- Çalışma grubunun AG tutum puanları uygulama öncesinden sonrasına (ön testten son teste) istatistiksel olarak anlamlı şekilde farklılaşmakta mıdır?
- Çalışma grubunun yaşa göre ön test ve son test AG tutum puanları istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde farklılaşmakta mıdır?

YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde çalışmanın modeli, materyalin geliştirilmesi başlığı altında yer alan ADDİE öğretim tasarım modeli başlıklarında kullanılacak uygulamaların teorik dersleri/eğitimleri kimyasalların tespiti ve listelenmesi; kimyasal fotoğraflarının makine öğrenmesine entegrasyonu, kimyasal veritabanının oluşturulması, QR kodların oluşturulması, QR kodlar ve uygulama geliştirme, AG uygulaması mobil uygulamanın geliştirilmesi, internet sitesinin geliştirilmesi, çalışma grubu, verileri toplama araçları ve verilerin analizi verilmiştir.

Çalışmanın Modeli

Bu çalışma, yeni bir öğretim materyalinin etkisini tek gruplu ön-test/son-test tasarımı ile inceleyerek geliştirme sürecini ve uygulanabilirliğini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Kontrol grubunun eklenmesi, materyalin etkisini izole etmek için faydalı olsa da önce materyalin uygulanabilirliğini ve pedagojik yapısal bütünlüğünü test etmek üzere bu ilk aşamada tek gruplu tasarım kullanımı tercih edilmiştir. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında kontrollü deney tasarımı ile etki tespitine yönelik çalışmalar planlanmaktadır. Tek gruplu ön test-son test deneysel desen, bir gruba uygulama öncesinde ve sonrasında ölçüm yaparak uygulamanın etkisini belirlemeye olanak tanır (Büyüköztürk vd., 2024). Araştırmada kullanılan AG uygulamasının öğrencilerin AG teknolojisine yönelik tutumlarını nasıl etkilediğini belirlemek amacıyla bu desene karar verilmiştir.

Çalışma süreci, materyal geliştirme ve uygulama ile etkinin değerlendirilmesi şeklinde iki bölümden oluşmaktadır. Materyalin geliştirilmesinde ADDIE öğretim tasarım modeli kullanılmış olup araştırmada kullanılan AG uygulaması, öğrenci merkezli bir yaklaşımla geliştirilmiştir. Bu geliştirme sürecinde öğretim materyallerinin sistematik olarak tasarlanması için sıkça kullanılan ADDIE öğretim tasarım modeli esas alınmıştır. Kimya dersi, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirmelerini ve kimya kavramlarını anlamalarını amaçlayan bir ders olması sebebiyle kullanılacak materyallerin de bu amaçlara uygun olarak tasarlanması gerektiğinden ADDIE öğretim tasarım modelinin kimya dersinde materyal hazırlamak için uygun bir model olduğu düşünülmektedir (Morrison vd., 2019). Bu nedenle çalışmada bu tasarım modelinin uygulanmasına karar verilmiştir.

Materyalin Geliştirilmesi

ADDIE öğretim tasarım modeli; analiz, tasarım, geliştirme, uygulama ve değerlendirme olmak üzere beş aşamadan oluşmaktadır (Hookveld vd., 2002). Bu aşamalar, materyalin hem pedagojik hem de teknik açıdan sağlam bir zemine oturmasını sağlamıştır. Analiz basamağında Zorluoğlu ve Sözbilir'e (2017) göre "içerik analizi verilerin toplanması, toplanan verilerin kodlanması, koddan kategorileri ve temaların oluşturulması ve verilerin görselleştirilmesinden" meydana gelmektedir. Ayrıca bu basamakta tasarım basamağına veri sağlaması, uygulama ve değerlendirme basamağı sürecini kolaylaştırması amacıyla ön test yapılabilir. Tasarım basamağında bir üst basamaktaki öğretimin amaçları belirlendikten sonra içerik seçimi ve düzenlenmesi yapılır. Daha sonra öğretme ve öğrenme süreçlerinde kullanılacak teknikler belirlenir. Bu aşamada ise alınan sonuçlara göre ölçmeye yönelik araçlar kavram öğretimine uygun materyaller geliştirilir. Ayrıca bu basamakta kavram öğretimi ile ilgili öğretim tasarımı yapılır (Şimşek, 2014). Geliştirme basamağında Şimşek (2014)'e göre geliştirme basamağında daha çok "öğretmen kılavuzları, katılımcı materyalleri, kullanım araç-

gereçleri” gibi şeyler üretilir. Tasarım basamağında tasarlanan materyaller geliştirilir. Uygulama basamağında öğretim tasarımının ön denemesinin yapıldığı basamaktır. Değerlendirme basamağında ise uygulamaya son dokunuşlar yapılarak düzeltmeler yapılır ve sonuca bağlanır. Tasarımı oluşturan tüm elemanlar işlerlik bakımından test edilir. Tasarım, hedeflenen gruba uygulanır ve sonra değerlendirilir (Zorluoğlu ve Sözbilir, 2017). Çalışmada, materyal “Materyalin Geliştirilmesi” başlığı altında ele alınan ADDİE öğretim tasarım modeliyle geliştirilmiştir.

A-Analiz Basamağı: Çalışmada ilk olarak “konu ve hedef kitle” belirlenmiştir. Kimya alanında soyut kavramlar olarak değerlendirilen atom, molekül yapıları ve kimyasalların sembolleri-formülleri, bunlarla yapılan deney ve etkinlikler gibi konuların öğrenciler tarafından daha kolay anlaşılabilmesi hedeflenmiştir. Öğrencilerin, elementlerin atomik yapısını görselleştirmekte ve formüllerini hatırlamakta güçlük çektiği, bu kavramları günlük hayattaki uygulamalarla ilişkilendirmekte zorlandıkları, hangi kimyasallarla hangi deneylerin yapılacağı, deney raporunun yazımında zorlandıkları kurum öğretmenleriyle yapılan görüşmeler sonucunda tespit edilmiştir. Bu doğrultuda kimya dersleri kapsamında elementler, bileşikler, kimyasallar ve deneylerine işlenmesine yönelik yapay zekâ, makine öğrenmesi ile AG uygulaması geliştirilmesine karar verilmiştir. Hedef kitlenin ortaokul öğrencileri olması öngörülmüştür. Problem durumu, kurumdaki kimya deposunda bulunan kimyasallarda yola çıkılarak tespit edilmiştir (Şekil 1).

Şekil 1

Kimya Deposundaki Kimyasallar



B-Tasarım Basamağı: Dersin içeriği incelenmiş ve AG teknolojisinin eğitimde nasıl etkili bir şekilde kullanılabileceği üzerine planlamalar yapılmıştır. Bu aşamada kimya derslerinde soyut olarak değerlendirilen atom ve molekül yapıları, kimyasal elementler ve formüller gibi konuların görselleştirilmesine yönelik artırılmış gerçeklik uygulamasının detayları belirlenmiştir. Projenin hedef kitlesi olarak ortaokul 5-6-7. sınıf öğrencileri

seçilmiş ve onların öğrenme ihtiyaçları dikkate alınarak uygulama tasarımı şekillendirilmiştir.

C-Geliştirme Basamağı: Geliştirme aşamasında Unity oyun motoru ve Vuforia kütüphanesi kullanılarak artırılmış gerçeklik uygulaması geliştirilmiştir. Uygulamada her bir kimyasal element için birer QR kod oluşturulmuş ve bu QR kodlar, ilgili elementin atomik dizilim bilgisi, molekül yapısı ve kimyasal formülünü içeren bir AR içeriğiyle eşleştirilmiştir. Öğrenciler, mobil cihazlar aracılığıyla QR kodları taradığında ekranda söz konusu elementin şu özellikleri görselleştirilmiştir:

- Atomların üç boyutlu yapısı.
- Elektronların yörünge düzeni.
- Kimyasal semboller ve formüller.

Ayrıca öğrenci etkileşimlerini artırmak amacıyla AG içeriğinde tıklanabilir alanlar eklenmiştir. Bu alanlar, kullanıcıları projede özel olarak tasarlanmış ve detaylı bilgiler içeren bir web sitesine yönlendirmektedir. Web sitesinde kimyasal elementlerle ilgili daha fazla bilgiye erişim sağlanmıştır. Geliştirme süreci sırasında aşağıdaki teknik adımlar uygulanmıştır. Bunlar:

QR kod üretimi ve eşleme: Her bir kimyasal element için benzersiz bir QR kod oluşturulmuş ve Vuforia kütüphanesi kullanılarak bu kodlar artırılmış gerçeklik içerikleriyle ilişkilendirilmiştir.

3D Modelleme ve Görselleştirme: Atomların ve moleküllerin üç boyutlu modelleri Blender gibi araçlarla tasarlanmış ve Unity ortamına entegre edilmiştir.

Kullanıcı Etkileşimleri: AG içeriğine tıklanabilir butonlar eklenerek kullanıcıların mobil cihazlar üzerinden web sitesi gibi ek kaynaklara kolayca erişebilmesi sağlanmıştır.

Android APK Dönüştürme: Uygulama, mobil cihazlarda çalıştırılabilmesi için bir Android APK dosyasına dönüştürülmüş ve test edilmiştir. Bu geliştirme süreci sonucunda kimya derslerini görselleştirme ve öğrenci motivasyonunu artırma amacı taşıyan, kullanıcı dostu bir artırılmış gerçeklik uygulaması oluşturulmuştur.

D-Uygulama Basamağı: Bu aşama, kimya dersleri için AG destekli materyalin tasarlanıp öğrencilerle buluşturulduğu süreçtir. Uygulama, öğrencilerin kimyasal elementleri tanımalarını, atomik yapıyı anlamalarını ve etkileşimli bir şekilde incelemelerine olanak sağlayacak şekilde geliştirilmiştir. Her bir kimyasal element için artırılmış gerçeklik tabanlı QR kodlar oluşturulmuş ve bu kodlar aracılığıyla mobil cihazlarla tarandığında ekranda üç boyutlu görseller, formüller ve bilgi bağlantıları sağlanmıştır.

Uygulama Sürecinde Gerçekleştirilen Çalışmalar

Atomik yapıların ve molekül modellerinin görselleştirilmesi: Her element için üç boyutlu atomik yapı modelleri Unity platformunda tasarlanmış ve mobil cihazlar için optimize edilmiştir. Uygulamada QR kodların taranmasıyla birlikte ekrana şu bilgiler yansıtılmıştır: Atomların yörünge düzeni ve elektron dizilimi/Kimyasal elementin sembolü ve formülü/Elementin temel özelliklerine dair açıklamalar.

Etkileşimli deneyimlerin sağlanması: AG içeriğine tıklanabilir butonlar eklenmiştir. Bu butonlar, öğrencileri detaylı bilgi sağlayan bir web sitesine yönlendirmiştir. Web sitesi, elementlerin günlük hayattaki kullanım alanlarını ve görselleştirilmiş bilgileri içerecek şekilde yapılandırılmıştır.

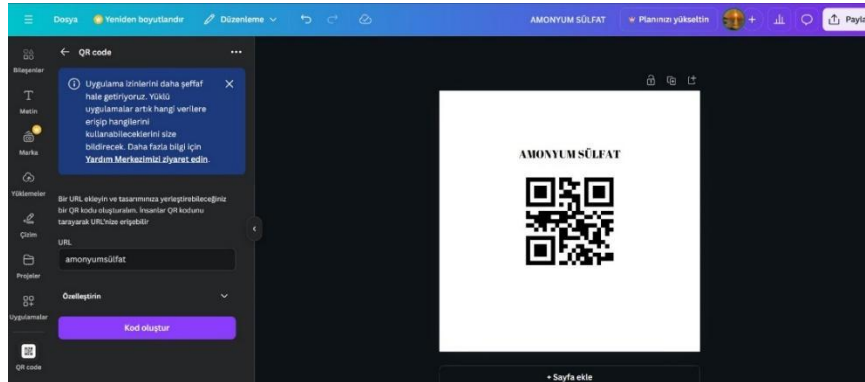
QR kodların hazırlanması ve uygulanması: Uygulamada her bir elemente özel QR kodlar oluşturulmuş ve bu kodlar, fiziksel materyallere entegre edilmiştir. Öğrenciler mobil cihazlarını kullanarak bu kodları taramış ve AG içeriklerine erişmiştir.

Görsel ve fiziksel iyileştirmeler/atomik modeller ve formüller: AG içeriklerinde elementlerin atomik yapılarını daha kolay anlaşılır kılmak için görseller optimize edilmiştir. Uygulamada öğrencilerin öğrenme hızına uygun bir bilgi akışı oluşturulmuştur.

Alan uzmanlarının geri bildirimleri: Uygulamanın kullanıma sunulmadan önceki aşamalarında iki kimya ve üç fen bilimleri öğretmeninden oluşan bir uzman grubu ile iş birliği yapılmıştır. Uzmanların geri bildirimleri doğrultusunda görselleştirmelerde ve etkileşimli içeriklerde gerekli düzenlemeler yapılmıştır.

Mobil uygulama testleri ve android APK çıktısı: AG projesi, mobil cihazlarda kullanılabilir bir hâle getirilmiş ve test aşamaları tamamlanmıştır. Sonrasında uygulama Android işletim sistemi için bir APK dosyasına dönüştürülmüş ve cihazlara kurulumu sağlanmıştır.

QR Kodların Oluşturulması: Kullanıcıların kimyasal maddelerin bilgilerine daha kolay hızlı ulaşabilmesi için QR kodlar oluşturulmuştur. QR kodları genellikle mobil cihazlar aracılığıyla taranabilen ve içerisindeki veriyi hızlıca kullanıcıya sunan iki boyutlu barkodlardır. QR kodlarının oluşturulması, kullanıcıların dijital içeriğe hızlı ve pratik bir şekilde erişim sağlar. Bu projede QR kodları, Canva platformunun *QR code generator* bileşeni kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 2).

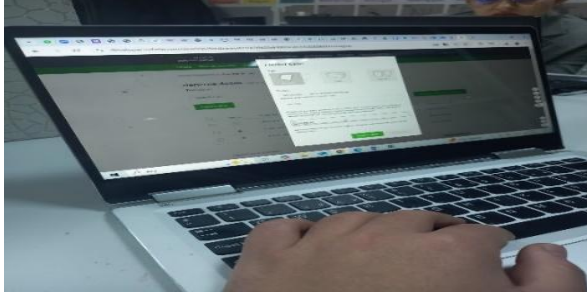
Şekil 2*Canva'da QR Code Generator Bileşimini Kullanarak Kod Oluşturma***QR Kodlar ve Uygulama Geliştirme**

Bu alışma kapsamında AG uygulamasına entegre edilecek QR kodların oluşturulması ve kullanımı üzerinde çalışılmıştır. QR kodlar, Canva platformu kullanılarak oluşturulmuştur. Oluşturulan QR kodlar unity de vuforia kullanılarak, QR kodlar sırasıyla unity ye image Target olarak eklenip, her elementin QR kodunun üzerine atom ve elektron modeli çizilip formülü eklenmiştir. Son olarak Cube eklenmiştir ve *Android Switch Platform* alınıp Build Settings ayarları yapılmıştır (şekil 3, şekil 4).

şekil 3*Kimyasal Maddenin QR Kodunun zerine Atom Elektron Modeli ve Formülünün izilmesi*

Şekil 4

Unity'ye Vuforia'dan Image Target Eklenmesi



AG Uygulaması-Mobil Uygulamanın Geliştirilmesi

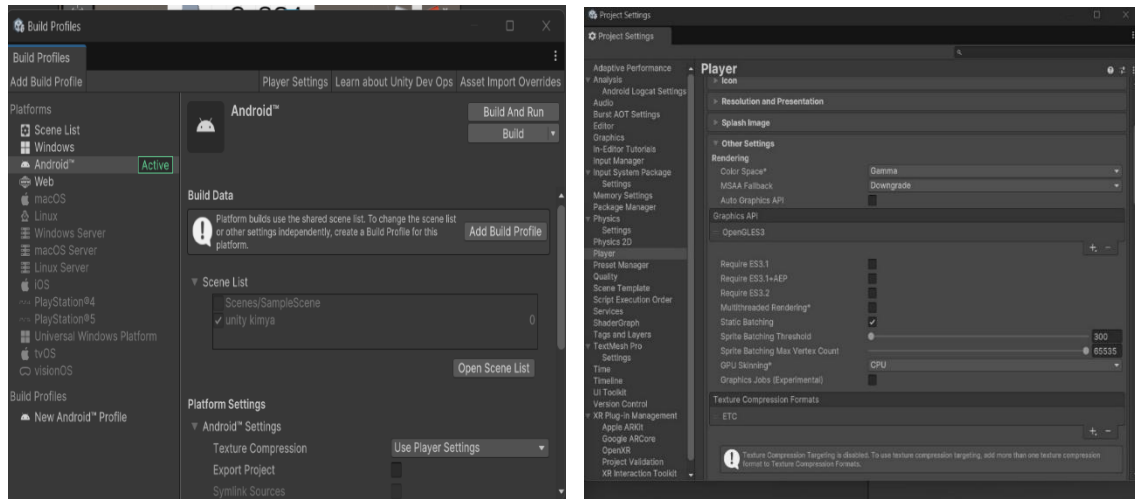
Öğrencilerin mobil cihazlarla etkileşimde bulunarak kimyasalları tanıyabileceği bir AG deneyimi tasarlama hedefiyle güvenli ve etkileşimli bir öğrenme ortamı sunulması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda AG deneyiminin temel amacı, öğrencilerin kimyasal maddeleri QR kodları aracılığıyla tanıyarak kavramlar arasındaki bağlantıları keşfetmeleri ve güvenli bir ortamda kavramsal anlayışlarını güçlendirmeleridir. Uygulamanın pedagojik temelleri için Unity oyun motoru kullanılarak bir AG uygulaması geliştirilmiştir. Geliştirme sürecinde öğrencilerin erişimini kolaylaştıran görsel öğeler ve yönergelemeler tasarlanmış, güvenli ve kullanıcı dostu bir arayüz hedeflenmiştir. Teknik altyapı, öğrenme hedefleriyle uyumlu olarak aşağıdaki adımları içermektedir:

QR kodlarıyla kimyasalların tanıtımını sağlayan bir AG akışı oluşturulmuş; AR görüntüleri ve modelleri için Hierarchy yapısı kurularak içeriklerin hangi sırayla ve nasıl görüntüleneceği netleştirilmiş; kimyasal maddelerin QR kodları AR motoruna entegre edilerek ekran üzerinde etkileşimli hâlde görünecek şekilde tasarlanmış; her element ve bileşiğin temel yapıları (atom modelleri, elektron modelleri gibi görsel temsilciler) açıkça tasarlanıp gerekli açıklamalarla desteklenmiş; öğrenme sürecini yönlendiren bir rehberlik sistemi eklenerek öğrencilerin kendi kendine öğrenmesi desteklenmiş; materyale erişimi kolaylaştırmak amacıyla bir web sayfası ve bağlantılı bir mobil uygulama tasarlanmış; öğrencilerin materyale istedikleri zaman erişebilmeleri ve öğrenmeyi kendi hızlarında sürdürebilmeleri sağlanmıştır. AG uygulamasının Android platformunda çalışmasını sağlayan APK paketi, sınıf ve laboratuvar kullanımı için hazırlanmıştır (Şekil 5).

Şekil 5

Unity Build Profiles Ekranı

Unity Player Settings Ekranı

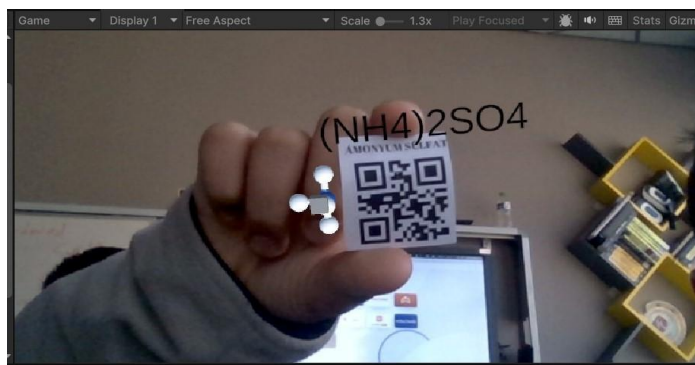


Geri bildirim mekanizması

Uygulamanın kullanıcıları ile etkileşim kurarak sürekli geliştirilmesi sağlanmıştır. Mobil uygulama veya Windows'un kendi kamerasın AG uygulamasında QR kod gösterildiğinde kodun üstünde element veya bileşiğin atom, elektron modeli ve formülü ve de bir küp çıkmaktadır. Ekranın üstündeki *cube* butonu tıklandığında kullanıcıyı *vscode* programında yazılan script sayesinde tasarlanan web sitesine göndermektedir (Şekil 6).

Şekil 6

Windows Kamerasından QR Kodların Gösterilmesi



E-Değerlendirme Basamağı: Bu aşamada geliştirilen AG uygulamasının etkilerini değerlendirmek için öğretim sonrasında çeşitli analizler yapılmış ve elde edilen verilerin analiz sonuçları bulgular kısmında yer almıştır. Değerlendirme, hem öğrencilerin öğrenme

süreçlerini hem de artırılmış gerçeklik materyalinin kullanımını etkin bir şekilde incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Proje Çıktıları ve Uygulamanın Etkisi: Bu aşamada artırılmış gerçeklik uygulaması, öğrencilerin kimya derslerinde soyut kavramları görselleştirmelerini sağlamış ve öğrenmeyi eğlenceli hâle getirmiştir. Öğrenciler, mobil cihazlarıyla etkileşimde bulunarak hem konuyu deneyimlemiş hem de konuları daha iyi içselleştirmiştir. Uygulamanın sonuçları, artırılmış gerçeklik teknolojisinin eğitimde ne kadar etkili olabileceğini göstermiştir.

Geliştirilen artırılmış gerçeklik uygulamasının, kimya derslerindeki AG uygulamalarının kullanılmasına dair tutum puanları için bir ön test ve son test uygulanmıştır.

Ön test; uygulama öncesinde öğrencilerin AG tutum puanlarını belirlemek için uygulanmıştır. Son test ise 4 haftalık uygulama sonrasında öğrencilerin kazanımlarını ve AG uygulamasının etkisini ölçmek için yapılmıştır.

Kullanılacak uygulamaların teorik dersleri/eğitimleri:

Kullanılan uygulamalarda Unity uygulamasında Vuforia ile AG uygulaması için Udemy'den AG-1 dersinin videolarından yararlanılmıştır. Web sitesi tasarlamak için o alanın uzmanlarından ders alınmıştır.

Kimyasalların tespiti ve listelenmesi:

Kimyasalların listelenmesi oluşturulurken elementler; alkali metaller, lantanitler, geçiş metalleri, toprak alkali metalleri, aktanidler, ara geçiş metalleri, yarımetaller, ametaller, halojenler, soygazlar olarak sınıflandırılmıştır. Bileşikler ise kovalent bağ, iyonik bağ, metalik bağ olarak sınıflandırılmıştır. Kurulan web sayfasında kimyasal maddelerin listelenmesi Şekil 7'deki gibidir.

Şekil 7*Kimyasal Maddelerin Listelenmesi***Kimyasal veri tabanının oluşturulması**

Kimyasal veri tabanının oluşturulmasında yapay zekâ araçlarından yararlanılmıştır. Kullanılan kimyasal maddelerle ilgili tüm bilgilerin sistematik bir şekilde toplanması ve listelenmesi amacıyla bir kimyasal veri tabanı yapay zekâ aracı ile oluşturulmuştur. Bu veri tabanında kimyasal maddenin adı, kimyasal maddenin formülü, kullanım alanları, hangi sınıflarda kullanıldığı ve yapılan deneyler hakkında veri tabanı excel/ dosyası içine oluşturulmuştur. Veriler yapay zekâ programları çerçevesinde güncel çevrimiçi kaynak olan OpenAI teknolojilerinden Monica'dan yararlanarak oluşturulmuştur. Bu veri tabanı sayesinde kimyasal maddelerin özellikleri daha iyi anlaşılması sağlanmıştır (Şekil 8).

Şekil 8*Monica- Excel Uygulama Görşeli***İnternet-WEB Sitesinin Geliştirilmesi**

Web sitesinin geliştirilmesi sürecinde kodlama işlemleri için *Visual Studio Code (VS Code)* kullanılmıştır. VS code, Microsoft tarafından geliştirilen açık kaynaklı ve güçlü bir metin editörüdür. Bootstrap 5 card içinde web sitesinin uzantısına html kodu eklenmiştir. Web

sitesinde görsel olarak resim başlık ve metin eklenerek içerik düzeni sağlamak amacıyla *Bootstrap 5 Cards* bileşeni W3schools sitesinden kullanılmıştır. Xampp program, projede web sitesinin yerel sunucuya açık olması için kullanılmıştır. XAMPP, Apache, MySQL, PHP ve Perl gibi açık kaynak yazılımlarını bir arada sunan, geliştiricilerin web uygulamalarını yerel ortamda test etmelerini sağlayan bir yazılım paketidir. Bu yazılım, web sitesini çalıştırmak için gerekli bütün alt yapıyı sağlamaktadır. Web sitesine projedeki kimyasal maddelerin bilgileri eklemek ve yönetmek amacıyla *cPanel* kullanılmıştır. Kimyasal maddelerin bilgilerini icon kuruma ait olan cenuta alınmış alana atılmıştır. cPanel, özellikle web geliştirme sürecinde veritabanı yönetimi, dosya yükleme ve siteye içerik ekleme gibi temel işlevlerin yerine getirilmesinde önemli bir araçtır. Bu araç sayesinde projedeki bilgilerin web sitesine eklenmesi ve güncellenmesi daha verimli ve hızlı bir şekilde yapılabilmektedir (Şekil 9).

Şekil 9

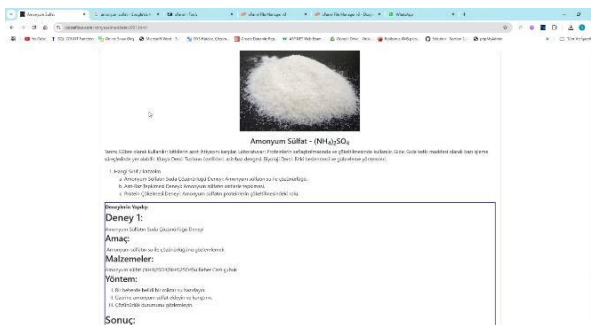
Visual Studio(VS Code), W3 Schools, Xampp, Cpanel Uygulama Görseli



Çalışma sürecinde web sitesinin çevrimiçi olarak erişilebilir olması bir alan adı (domain) ve gerekli durumlarda alt alan adı (subdomain) ataması yapılmıştır. Bu işlem için iCodeFlow domain sağlayıcısı kullanılmıştır (Şekil 10).

Şekil 10

Icodeflow Tasarlanan Web Sitesi



Artırılmış Gerçeklik Projesinin VR Gözlüğe Entegrasyonu

Bu çalışmanın VR gözlüğe entegre kısmında ilk başta unity içinde *build profiles* sekmesine gidilerek *switch platform* alınıp platform visionOs platformuna göre ayarlanmıştır. Daha sonra VR gözlüğün içinde program açılarak QR kodlar kameraya gösterildiğinde sanal ortamda elementlerin atom ve elektron modeli ve formülü gözükmemektedir. *Cube* butonuna tıklanıldığında sanal ortam içinde tasarlanan web sitesine atılmıştır (Şekil 11).

Şekil 11

Sanal Ortamda AG İçinde Açılan Web Sitesi / Öğrencilerin VR Gözlükle AG Projesini Kullanması



Çalışma Grubu

Çalışma grubu Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bir ildeki merkez ilçesi olan 2024-2025 eğitim öğretim yılında BİLSEM'e devam eden 5-6-7. sınıf (10-11-12 yaş) 20 öğrenciden oluşmaktadır.

Tablo 2

Çalışma Grubunun Demografik Bilgileri

Değişken	Kız	Erkek	Toplam
5. sınıf (10 yaş)	2	4	6
6. sınıf (11 yaş)	4	4	8
7. sınıf (12 yaş)	4	2	6
Toplam	10	10	20

Tablo 2'ye göre kız ve erkek sayıları eşit ve toplamda 20 kişi olup bunların altısı 10 yaş, sekizi 11 yaş ve 6'sı 12 yaş öğrencilerdir. Bu grubun seçilmesinin nedeni veri toplama aracı olarak kullanılan Küçük vd. (2014) tarafından yapılan *Ortaokullarda Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları Tutum Ölçeği'nin ortaokul öğrencileri için geliştirilmiş olmasıdır.*

Veri Toplama Araçları

Çalışmada veri toplama aracı olarak uygulamalar, materyallerin etkiliğini test etmek için tutum ölçekleri uygulanmıştır.

Ortaokullarda Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları Tutum Ölçeği

Küçük vd. (2014) geliştirdikleri ölçeğin geçerlik ve güvenirlik çalışmaları yedi farklı ortaokulun 5. sınıfında öğrenim gören 167 öğrenci (84 erkek, 83 kız) üzerinde yürütülmüştür. Ölçeğin yapı geçerliğini test etmek için açımlayıcı faktör analizi yapılmış ve 15 maddeden oluşan üç faktörlü bir yapı elde edilmiştir. Bu yapı, doğrulayıcı faktör analizi ile test edilmiş ve örneklem iyi düzeyde uyum sağladığı görülmüştür. Ölçeğin iç tutarlılık güvenirlik kat sayısı .83 olarak hesaplanmıştır. Tüm bu sonuçlar, AGUTÖ'nün geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı olduğunu göstermektedir. Ölçek 5'li likert ölçeği olarak geliştirilmiştir.

Veri Analizi

Çalışma kapsamında oluşturulan materyallerin-uygulamaların etkililiğini test etmek için tutumların çalışma grubundaki 20 kişiye AG tutumlarını belirlemek ve cinsiyete göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığını incelemek amacıyla bağımsız örneklem t- testi yapılmıştır. Sınıfa göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığını incelemek amacıyla ANOVA testi yapılmıştır.

Ayrıca uygulamaya-deneye başlamadan önce ve dört hafta süren deney sürecine gönüllü katılım sağlayan 20 kişiye tekrar "*Ortaokullarda Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları Tutum Ölçeği*" öntest-son test olarak uygulanmıştır. Tutum ölçeğinden ön-test ve son-testten elde ettikleri puanlara yönelik istatistiksel olarak anlamlı farklılığa bağımlı örneklem t- testi ile bakılmıştır. Nicel veriler, JASP 0.18,1 programı ile analiz edilmiştir. Testler uygulanmadan önce ilk olarak her bir analiz için varsayım kontrolleri yapılmıştır. Analizlerde elde edilen p-değerleri %5 anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiştir ($p < .05$).

Normallik varsayım kontrolü:

Verilerin normal dağılım gösterme durumlarını belirlemek için betimsel istatistiklerden yararlanılmıştır (Tablo 3). Bu istatistikler sonucunda çarpıklık katsayısının -2 ile +2 arasında olması verilerin normal dağılımı gösterdiğinde (George & Mallery, 2020) parametrik; göstermediği zaman nonparametrik testlerden yararlanılmıştır. Normallik varsayımı için gerekli olan betimsel analizler Tablo 3'te yorumlanmıştır.

Tablo 3*Yaşa ve Cinsiyete Göre Betimsel İstatistikler*

Yaş Grubu (n)	Değişken	Ön Test	Son Test
10 Yaş (n=6)	$\bar{X}$	50.16	53.83
	ss	6.46	6.43
	Min.	42.00	48.00
	Maks.	56.00	66.00
	Çarpıklık	-0.79	1.71
	Basıklık	-1.90	3.30
11 Yaş (n=8)	$\bar{X}$	44.75	49.62
	ss	5.41	5.23
	Min.	38.00	44.00
	Maks.	52.00	60.00
	Çarpıklık	0.17	1.13
	Basıklık	-1.72	1.17
12 Yaş (n=6)	$\bar{X}$	45.16	52.33
	ss	4.53	5.16
	Min.	39.00	48.00
	Maks.	51.00	62.00
	Çarpıklık	-0.10	1.68
	Basıklık	-1.52	2.85
Cinsiyet (n)	Değişken	Ön Test	Son Test
Kız (n=10)	$\bar{X}$	45.90	50.50
	ss	5.17	5.98
	Min.	39.00	44.00
	Maks.	54.00	62.00
	Çarpıklık	0.07	1.12
	Basıklık	-1.09	0.52
Erkek (n=10)	$\bar{X}$	47.10	52.90
	ss	6.14	5.21
	Min.	38.00	48.00
	Maks.	56.00	66.00
	Çarpıklık	0.06	1.19
	Basıklık	-1.82	4.76

Not. Tablo, cinsiyetlere göre ön test ve son test puanlarının betimleyici istatistiklerini göstermektedir. $\bar{X}$ = Aritmetik ortalama, **ss** = Standart sapma.

Yaşa göre ön testte 10 yaş (n=6) için $\bar{X}$ = 50.16, ss = 6.46, çarpıklık = -0.79, basıklık = -1.90; 11 yaş (n=8) için $\bar{X}$ = 44.75, ss = 5.41, çarpıklık = 0.17, basıklık = -1.72; 12 yaş (n=6) için $\bar{X}$ = 45.16, ss = 4.53, çarpıklık = -0.10, basıklık = -1.52. Son testte 10 yaş için $\bar{X}$ = 53.83, ss = 6.43, çarpıklık = 1.71, basıklık = 3.30; 11 yaş için $\bar{X}$ = 49.62, ss = 5.23, çarpıklık = 1.13, basıklık = 1.17; 12 yaş için $\bar{X}$ = 52.33, ss = 5.16, çarpıklık = 1.68, basıklık = 2.85. Cinsiyete göre kızlar (n=10) için ön test $\bar{X}$ = 45.90, ss = 5.17, çarpıklık = 0.07, basıklık = -1.09; son test $\bar{X}$ = 50.50, ss = 5.98, çarpıklık = 1.12,

basıklık = 0.52; erkekler (n=10) için ön test $\bar{X}$ = 47.10, ss = 6.14, çarpıklık = 0.06, basıklık = -1.82; son test $\bar{X}$ = 52.90, ss = 5.21, çarpıklık = 1.19, basıklık = 4.76. Bu nedenle cinsiyet değişkenine göre ön test AG tutum puanlarının çarpıklık ve basıklık değerleri -2 ile +2 arasında olması normal dağılım gösterdikleri anlamına gelmektedir (George ve Mallery, 2010). Bu nedenle ön testte parametrik testler yapılır. Son test için bu değerler +2 ile -2 arasında olmadığı için nonparametrik test (Mann Whitney U) yapılır. Yaş değişkenine göre son test AG puanları çarpıklık-basıklık değeri -2 ile +2 arasında olması normal dağılım gösterdikleri anlamına gelmektedir (George ve Mallery, 2010). Bu nedenle parametrik testlerden ANOVA yapılır. Son test AG tutum puanlarından çarpıklık-basıklık değeri -2 ve +2 arasında olmayan değerlerin olması sebebiyle normal dağılımdan uzaklaştığı için boyutta nonparametrik testlerden Kruskal Wallis testi yapılmalıdır.

Ayrıca bağımlı örneklem t testi için normallik varsayımı için betimsel istatistikler yapılmış ve çarpıklık basıklık değerleri ön test (çarpıklık = 0,14, basıklık= -1,38) ve son test (çarpıklık = 1,17, basıklık= 1,23) olduğunda normal dağılım göstermesi sebebiyle testin yapılmasına karar verilmiştir.

Varyans homojenliği varsayım kontrolü Varyansların cinsiyet değişkeni için ön test AG tutum puanları için levene testi yapılmış ve homojen olduğu görülmüştür (ön test F_{Levene} ; 2,39 $p > .05$). Varyansların yaş değişkeni için ön test puanlarının levene testi sonuçlarının homojen olduğu görülmüştür (Ön test F_{Levene} ; 0,75 $p > .05$). Yaşa bağlı son test normal dağılım görülmediği için Kruskal-Wallis H testi (non parametrik) yapılır.

Deneylerin uygulama süreci

Dört deney ilk olarak sanal gözlük, AG uygulaması ile öğrencilere gösterilmiştir. Öncesinde tutum puanlarına bakılmıştır. Uygulama dört hafta sürmüş olup tutum puanlarına uygulama sonrasında tekrar AG ölçeğiyle yeniden bakılmıştır. Daha sonra gerçek deney düzeneğini kurarak deneyi tamamlamışlardır. Uygulamadan sonra deneyi gerçekleştirmeleri onlar için kolaylık sağlamış ve deneyleri kolaylıkla yaptıkları araştırmacılar tarafından gözlemlenmiştir. Deneyler, BİLSEM fen bilimleri ve kimya etkinlik kitapçıklarından alınmış ve tablolar hâlinde verilmiştir (Ekler- Tablo 7, 8, 9, 10).

BULGULAR

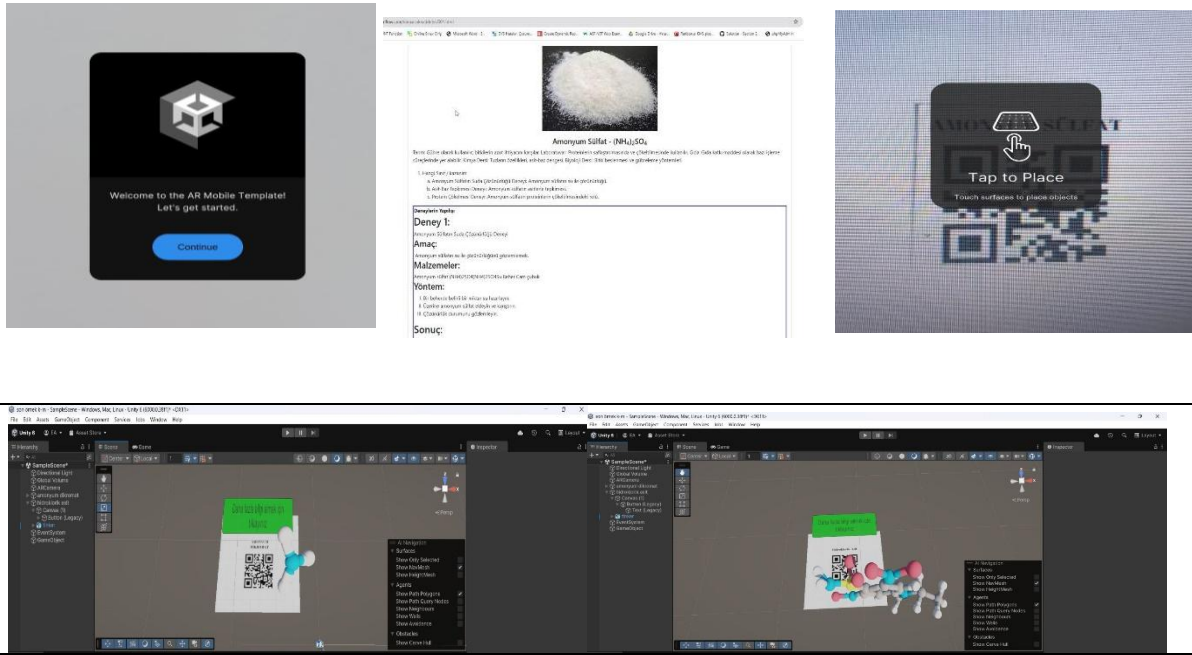
Çalışmanın bu bölümünde geliştirilmiş uygulama, Web sitesi ve telefon uygulamasının görüntüleri ve uygulamanın geliştirilmesinden sonra etkililiğin test edilmesi sonucu elde edilen bulgular tablolaştırılarak yorumlanmıştır.

Çalışmada oluşturulan uygulamalar basit bir kullanma menüsü sayesinde kolayca kullanılabilir bir deneyim sunmuştur. QR kodların hızlı bir şekilde taranması ve kimyasal

maddelere ilişkin bilgilerin anında görüntülenmesi, sistemin kullanıcılar tarafından benimsenmesini sağlamıştır. AG teknolojisinin kullanımı, bilgilerin sadece metinsel olarak değil görsel ve etkileşimli bir biçimde sunulmasına imkân tanımıştır. Kimyasal maddelerin atom-elektron dizilimlerinin 3D olarak görüntülenmesi, kullanıcıların bu bilgileri daha iyi kavramasına ve görsel hafızalarına yerleştirmelerine yardımcı olmuştur (Şekil 12).

Şekil 12

Mobil Uygulama İçeri Görşeli (Sol), Tasarlanan Web Sitesinde Amonyum Sülfat Bilgileri (Orta), Mobil Uygulama İçeri Görşeli (Sağ) Altta Unity ortamında hazırlanan AG sahneleri



Görselde Unity ortamında hazırlanmış AG sahneleri yer almaktadır. Sahnenin merkezinde bir QR kod (Image Target) bulunmaktadır. Bu kod tanındığında üzerine bir 3D molekül modeli (atomları ve elektronları temsil eden yapı) eklenmektedir. Model, kullanıcıya kimyasal bileşiği görsel olarak tanıtmayı amaçlamaktadır. QR kodun üst kısmında bir Canvas bulunmakta, bu Canvas'ın içinde yeşil renkte bir buton (Legacy Button) yer almaktadır. Buton üzerinde "Daha fazla bilgi almak için tıklayınız." ifadesi yazmaktadır. Kullanıcı bu butona tıkladığında tasarlanan web sitesine yönlendirilmektedir. Tasarlanan web sitesi sayesinde okutulan kimyasal madde hakkında daha çok bilgi elde edilmektedir. Sahnenin teknik bileşenleri arasında AR Camera (QR kodun tanınmasını sağlayan kamera), Directional Light (aydınlatma) ve EventSystem (buton etkileşimlerini yöneten sistem) bulunmaktadır. Sonuç olarak bu görsel; bir QR kodun AR ile tanınması, üzerine kimyasal maddenin 3D bir molekül modelinin yerleştirilmesi ve ek bilgiye ulaşmayı sağlayan bir buton eklenmesi sürecini

göstermektedir.

- **Çalışma grubunun cinsiyete göre ön test ve son test AG tutum puanlarına ilişkin t testi sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde farklılaşmakta mıdır?**

Çalışma grubunun cinsiyete göre ön test ve son test AG tutum puanlarına ilişkin t testi sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4

Çalışma Grubunun Cinsiyete Göre Ön Test ve Son Test AG Tutum Puanlarına İlişkin t Testi Sonuçları

Grup	n	X	ss	sd	t -W	p	cohen's d-rank b.
Ön test							
kız	10	45,90	5,14	18	-0,45	0,65	-0,20
erkek	10	47,10	6,54				
Son test							
kız	10	50,50	5,98	18	30,00	0,14	-0,40
erkek	10	52,90	5,21				

Mann Whitney U uygulanmıştır.

Tabloya göre cinsiyete ilişkin t testi sonuçlarına bakıldığında ön test ve son test AG tutum puanlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur ($t_{\text{öntest}}(18)=0,45$ $t_{\text{son test}}(18)=30$ ($p>.05$). Yani cinsiyete göre ön test ve son test puanları farklılaşmamaktadır. Çalışma grubu ön test ve son test AG tutum puanları cinsiyete göre farklılaşmamaktadır. Ön test ve son test AG tutum puanları cinsiyetten etkilenmemiştir.

- **Çalışma grubunun AG tutum puanları uygulama öncesinden sonrasına (ön testten son teste) istatistiksel olarak anlamlı şekilde farklılaşmakta mıdır?**

Tablo 5

AG Ön Test-Son Test Tutum Puanlarına İlişkin Bağımlı Örneklem t Testi

	n	X	ss	sd	t	p	Cohen's d
AG tutum ön test	20	46,50	5,77	19	-2,67	0,015	-0,60
AG tutum son test	20	51,70	5,60				

AG tutum puanlarına ait ön test-son test puanları istatistiksel olarak anlamlı şekilde farklılaşmaktadır $t_{\text{ön test}}(19) = 2,67$; $p<.05$. Yani uygulamayı kullanan çalışma grubunun son test puanları ön test puanlarına göre artmıştır denilebilir. Çalışma grubunun ön test

puanı ($\bar{X}_{\text{öntest}}=46,50; ss=\pm 5,77$); son test puanı ($\bar{X}_{\text{sontest}}=51,70; ss=\pm 5,60$)'e geliştiği gözlenmiştir. Pratik anlamlılık sınıandığında Cohen's d güçlü ilişki düzeyinde etki göstermektedir (Cohen, 1988). Yani AG uygulaması çalışma grubunun AG tutumlarını artırmıştır.

- **Çalışma grubunun yaşa göre ön test ve son test AG tutum puanları istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde farklılaşmakta mıdır?**

Tablo 6

Çalışma Grubunun Yaşa ilişkin ANOVA - Kruskal Wallis Testi Sonuçları

ANOVA-Yaş-ön test							
Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p	η²	Post hoc
Gruplararası	115,83	2	57,91	1,90	0,17	0,18	-
Grupiçi	517,16	17	30,42				_____
Toplam	632,99	19					_____
KRUSKAL WALLIS-Yaş-son test							
Grup	İstatistik		sd		p		
Yaş	2.83		2		0,24		
Kruskal Wallis testi yapılmıştır.							

Tabloya göre "ANOVA testi" ön testte AG tutum puanları yaşa göre istatistiksel anlamda anlamlı farkını ortaya koymak için kullanılmıştır. Analiz sonucunda tabloda ön testte yaşa göre anlamlı farklılık ortaya çıkmamıştır $F(2;17)=1,90, p>.05$. Yani AG tutumları yaştan etkilenmemiştir. "Kruskal_Wallis H testi" son testte AG tutumların yaşa göre normal dağılım göstermemesi üzerine istatistiksel anlamda anlamlılığı sınamak için kullanılmıştır. Analiz sonucunda tabloda çalışma grubunun son test tutum puanının yaşa göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir ($U_{\text{sontest}}=2,83; p>.05$). Son test tutum puanları yaşa göre farklılık göstermemektedir. Yani son test AG tutum puanları yaştan etkilenmemiştir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışma; geliştirilen kimya asistanı, web sitesi, mobil uygulama ve AG uygulamasının AG tutumlarını olumlu yönde ve büyük etki derecesinde etkilediğini göstermiştir. Bu bulgu; AG teknolojisinin, geleneksel öğrenme ortamlarını zenginleştirerek öğrenci motivasyonunu ve katılımını artırdığının vurgulandığı bir çok çalışmayla da desteklendiğini göstermektedir (Abdullah vd., 2022; Chang vd., 2022; Çiloğlu, 2022; Ruijia vd., 2025). Kullanıcıların QR kodlar aracılığıyla bilgiye hızlı erişimi, uygulamanın kullanıcılar

tarafından benimsenmesini kolaylaştırmış; bu da genel anlamda eğitici ve bireyselleştirilmiş öğrenme deneyimi sunmuştur. Bu durum, öğrencilerin aktif öğrenenler olarak süreçte yer almasını teşvik ederek pasif bilgi alıcısı olmaktan çıkardığı pek çok çalışma ile de desteklemektedir (Becker, 2023, Ma vd., 2023; Rossoni vd., 2024; Ünlü, 2023)

Çalışmada cinsiyet ve yaş faktörlerinin AG tutum puanları üzerindeki etkisinin anlamlı bir sonuç vermediği tıpkı Bazie ve diğerlerinin (2024) çalışması ile benzerlik göstermektedir. Bu durum, geliştirilen uygulamanın etkinliğinin bireysel farklılıklardan bağımsız olduğunu göstermekte; yani bu uygulama genel kullanıcı kitlesine hitap edebilme potansiyeline sahiptir (Bower vd., 2014; Khairani & Prodjosantoso, 2023). Başka bir ifade ile bu tür bir teknolojinin kapsayıcı bir eğitim aracı olarak kullanılabileceği de söz konusu olmaktadır. Gelecek çalışmalarda uygulamanın farklı demografik gruplar üzerindeki etkisinin incelenmesi, bu tür eğitim araçlarının daha geniş kitlelere nasıl ulaşabileceği konusunda önemli bilgiler sağlayabilir. Sonuç olarak geliştirilen uygulama, etkili bir eğitim aracı olarak değerlendirilebilir ve eğitim süreçlerine entegre edilmesi önerilir. Gelecek araştırmalar, farklı demografik gruplar üzerinde bu tür eğitim araçlarının etkilerini inceleyerek geniş kullanıcı kitlelerine ulaşma stratejileri geliştirmek için yeni bilgiler sağlayabilir. Sonuç olarak geliştirilen AG uygulaması, etkili bir eğitim aracı olarak değerlendirilmeyi hak etmekte ve eğitim süreçlerine entegrasyonu önerilmektedir.

BİLSEM, öğrencilere bilimsel düşünme ve deney yapma becerilerini kazandırmak için önemli bir role sahiptir. Kimya eğitimi özelinde eldeki kimyasal kaynakların etkin kullanımı, hem eğitim maliyetlerini azaltmak hem de öğrencilere daha zengin bir öğrenme deneyimi sunmak açısından kritik öneme sahiptir. Yani çalışma, AG teknolojisi kimya eğitiminde etkili bir öğrenme aracı olarak kullanılabilirliğini göstermesi açısından önemli bir katkı sunmaktadır. Özellikle kimya gibi soyut kavramların öğretiminde, somut deneyimlerin sağlanması, öğrencilerin bilimsel meraklarını artırmakta ve öğrenme süreçlerini derinleştirmektedir (Mansour vd., 2025; Özaltun & Kahraman, 2024).

Geliştirilen AG uygulamaları, öğrencilere soyut bilimsel kavramları daha somut bir şekilde deneyimleme imkanı sunarak öğrenme süreçlerini etkin hâle getirebilir. Araştırmalar, AG teknolojisinin kimya eğitiminde etkili bir öğrenme aracı olduğunu ve öğrencilerin kavramları daha iyi anlamalarına yardımcı olduğunu göstermektedir (Wojciechowski & Cellary, 2013; Dunleavy & Dede, 2014). Ayrıca AG uygulamaları, öğrenme süreçlerini daha güvenli ve etkili hâle getirerek öğrencilerin deney yapma konusunda kendilerine olan güvenlerini artırmaktadır (Kamarainen vd., 2013). Sonuç olarak bu çalışma, eğitim teknolojileri alanında yenilikçi yaklaşımların uygulanabilirliğini ortaya koyarak kimya eğitiminin kalitesini artırmayı amaçlamaktadır.

ÖNERİLER

Bu çalışma, $n=20$ örneklem büyüklüğü nedeniyle genellenebilirlik açısından sınırlılık göstermektedir ve bu durum, gelecekte daha büyük ve çeşitli örneklem gruplarıyla oluşan çalışmalarla tekrar ele alınmalıdır. Ayrıca bu çalışmada eğitim teknolojilerinin kimya alanına nasıl entegre edileceği daha yoğun şekilde teknik açı bakımından ele alınmıştır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda elde edilen bulguların kimya eğitimi bağlamında öğrencilerin kavramsal anlayışını ve öğrenme süreçlerini nasıl etkilediğine dair pedagojik çıkarımların artırılması gerekli görülmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalar için araştırmacılara ayrıca şu önerilerde bulunulabilir:

- Uygulama kullanıcılarının deneyimlerini ve geri bildirimlerini toplamak için farklı ölçekler, başarı testleri yapıp nitel odaklı odak grup görüşmeleri yapılabilir. Böylelikle uygulamanın geliştirilmesi ve kullanıcı ihtiyaçlarının daha iyi anlaşılması mümkün olabilir.

- Çalışmanın daha büyük örneklemle tekrarlanıp ve deney-kontrol grubu içeren deneysel araştırma modeli kapsamında yeniden ele alınması, elde edilecek bulguların güvenilirliğini ve genellenebilirliğini artıracaktır.

- Uygulamanın öğrenme süreçleri üzerindeki uzun vadeli etkilerini belirlemek amacıyla takip çalışmaları yapılabilir. Bu sayede AG uygulamalarının kalıcılığı ve eğitim süreçlerindeki rolü daha iyi anlaşılabilir.

- Motivasyon gibi farklı değişkenler ile AG tutum puanları arasında ilişkiye korelasyon analizine bakılabilir.

- Artırılmış gerçeklik uygulaması, web sitesi ve telefon uygulaması kimyasalları değerlendirmek, kimya deney ve etkinliklerini sistematik şekilde yapabilmek ve tehlikeli deneylerin uygulamasını sanal ortamda gözlemek için tasarlanmıştır. Uygulama ve web sitesi daha da geliştirilerek üniversitede kimya derslerinde de kullanılabilir nitelikte olabilir.

Çıkar Çatışması Bildirimi

Yazarlar; bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayımlanmasına ilişkin herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan etmemiştir.

Destek/Finansman Bilgileri

Yazarlar; bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayımlanması için herhangi bir finansal destek almamıştır

Etik Kurul Kararı/İzin

Bu araştırma için Gaziantep Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'ndan (07.04.2025/ 636411 sayılı ve 04 numaralı) etik izin alınmıştır.

KAYNAKÇA

- Abdullah, N., Baskaran, V. L., Mustafa, Z., Ali, S. R., & Zaini, S. H. (2022). Augmented reality: The effect in students' achievement, satisfaction and interest in science education. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21(5), 326-350. <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.5.17>
- Adams, C., Pente, P., Lemermeyer, G., Turville, J., & Rockwell, G. (2022). Artificial intelligence and teachers' new ethical obligations. *The International Review of Information Ethics*, 31(1). <https://doi.org/10.29173/irie483>.
- Castro, R. R. (2025). The effects of chemistry virtual laboratories in academic achievement of secondary level learners: A meta-analysis. *International Scientific Education Journal*, 6(1), 1-17. <https://doi.org/10.37251/isej.v6i1.1379>
- Arslan, K. (2020). Eğitimde yapay zekâ ve uygulamaları. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 11(1), 71-88. <https://dergipark.org.tr/en/pub/baebd/issue/55426/690058>
- Ayyıldız, Y., & Çubukçu, E. (2022). 9. sınıf kimya konularındaki yanlış kavramalar üzerine bir içerik analizi. *Türkiye Kimya Derneği Dergisi Kısım C: Kimya Eğitimi*, 7(1), 73-124. <https://doi.org/10.37995/jotcsc.1079793>
- Baraa Albishri, Karen L. Blackmore; Duality in barriers and enablers of augmented reality adoption in education: A systematic review of reviews. *Interactive Technology and Smart Education*. 22(2): 167-191.
- Bazie, H., Lemma, B., Workneh, A., & Estifanos, A. (2024). The effect of virtual laboratories on the academic achievement of undergraduate chemistry students: Quasi-experimental study. *JMIR Formative Research*, 8(1). doi: [10.2196/64476](https://doi.org/10.2196/64476)
- Becker, N. M., & Lande, S. H. (2023). *Supporting active learning through immersive mixed and virtual reality Technologies*. Master Thesis, University of Agder, Norway. <https://hdl.handle.net/11250/3075119>
- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., & Bower, J. (2014). Augmented reality in education – cases, places, and potentials. *Educational Media International*, 51(1), 1-15. <https://doi.org/10.1080/09523987.2014.889400>
- Buluş, B., & Elmas, R. (2024). Yapay zekâ uygulamalarının kimya eğitiminde kullanımı alternatif araçlar. *Türkiye Kimya Derneği Dergisi Kısım C: Kimya Eğitimi*, 9(1), 1-28. <https://doi.org/10.37995/jotcsc.1366999>

- Bülbül, H., & Ersöz, B. (2022). Eğitimde yapay zekâ sanal gerçeklik ve sanal evren (Metaverse). İçinde Ş. Sağıroğlu, & M. Umut Demirezen (Ed.), *Yapay zekâ ve büyük veri kitap serisi (4. baskı, s. 149-183)*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2024). *Eğitimde bilimsel araştırma yöntemleri* (36. baskı). Pegem Akademi.
- Ceylan, N. & Seçken, N. (2019). 5E öğrenme modeline dayalı bilgisayar animasyonları destekli öğretim materyali tasarlama: "tepkimelerde hız ve denge" ünitesi örneği. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 39(3), 1181-1202. <https://doi.org/10.17152/gefad.565305>
- Challenor, J. & Ma, M. (2019). A review of augmented reality applications for history education and heritage visualisation. *Multimodal Technologies and Interaction*, 3(2), 39. <https://doi.org/10.3390/mti3020039>
- Chang, H. Y., Binali, T., Liang, J. C., Chiou, G. L., Cheng, K. H., Lee, S. W. Y., & Tsai, C. C. (2022). Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact. *Computers & Education*, (191), 104641. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104641>
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). *Artificial intelligence in education: A review*. IEEE Access, 8, 75264–75278. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2980470>
- Chen, X., et al. (2023). Application of flipped classroom teaching method based on ADDIE concept in clinical teaching for neurology residents. *BMC Medical Education*, 23. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10988803/>
- Chiu, W. K. (2021). Pedagogy of emerging technologies in chemical education during the era of digitalization and artificial intelligence: A systematic review. *Education Sciences*, 11(11), 709. <https://doi.org/10.3390/educsci11110709>
- Coşkun, F., & Gülleroğlu, H. D. (2021). Yapay zekânın tarih içindeki gelişimi ve eğitimde kullanılması. *Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences (JFES)*, 54(3), 947- 966. <https://doi.org/10.30964/auebfd.916220>
- Crompton, H., & Burke, D. (2022). Artificial intelligence in K-12 education. *SN Social Sciences*, 2(7), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s43545-022-00425-5>
- Çiloğlu, T. (2022). *Artırılmış gerçeklik temelli öğrenme ortamı: artırılmış gerçekliğin lise öğrencilerinin biyoloji eğitiminde motivasyonu, tutumu ve öz yeterliği üzerindeki etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Bartın. <http://hdl.handle.net/11772/16058>

- Çolak Yazıcı, S. (2023). Kimya eğitime teknolojinin entegrasyonu. İçinde A. Akpınar (Ed.), *Matematik ve fen bilimleri üzerine araştırmalar* (s. 41-59). Özgür Yayınları. <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub81>
- Dubé, A. K. and Wen, R. (2021). Identification and evaluation of technology trends in k-12 education from 2011 to 2021. *Education and Information Technologies*, 27(2), 1929-1958. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10689-8>
- Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 11(1), 1-11. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_59
- Ekici, B. (2019). *Lise fizik ve kimya dersleri için artırılmış gerçeklik uygulaması tasarımı*. Yüksek lisans tezi, Düzce Üniversitesi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=e3my3mZMtfjCQaW2N8AxzA&no=nfTthQSAQNfCKK0GkG4IUQ>
- Elkoumitti, H., Laanaoui, M. D., Lachgar, M., & Selmaoui, S. (2025). The influence of augmented reality and virtual reality on science education. *In SHS Web of Conferences*. 214, p. 01003. EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202521401003>
- Fidan, M. (2018). *Artırılmış gerçeklikle desteklenmiş probleme dayalı fen öğretiminin akademik başarı, kalıcılık, tutum ve öz-yeterlik inancına etkisi*. Yüksek lisans tezi. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu. <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/582312>
- George, D., & Mallery, P. (2010). *SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference*. 17.0 Update (11th ed.). Pearson. https://www.researchgate.net/publication/234827666_SPSS_for_Windows_Step-by-Step_A_Simple_Guide_and_Reference_140_update_7th_Edition
- Groenewald, E. S., Kumar, N., Avinash, S. I., & Yerasuri, S. (2024). Virtual laboratories enhanced by AI for hands-on informatics learning. *Journal of Informatics Education and Research*, 4(1), 1-21. <https://doi.org/10.52783/jier.v4i1.600>
- Güçlü, H. (2021). *Müzik eğitiminde artırılmış gerçeklik teknolojisi ve örnek uygulaması*. Yüksek lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Gül, F. Ö. (2024). Eğitimde yapay zekâ: Eğitim fakültesi akademisyenleri için fırsatlar ve riskler. *Medeniyet Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 71-97. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/4476789>

- Hinojo-Lucena, F., Díaz, I. A., Reche, M. d. P. C., & Rodríguez, J. M. R. (2019). Artificial intelligence in higher education: a bibliometric study on its impact in the scientific literature. *Education Sciences*, 9(1), 51. <https://doi.org/10.3390/educsci9010051>
- Hookveld, A.W.M., Paas, F., Jochems, W.M.G., & Van Merriënboer, J.J.G. (2002). Exploring teachers' instructional design practices from a systems perspective. *Instructional Science*, 30, 291-305. <https://www.proquest.com/openview/4e1f1077f591b09552ac891340d31244/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
- Huda, M., et al. (2022). Instructional design with ADDIE and rapid prototyping for blended learning. *Education and Information Technologies*, 27, 11471-11496. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11471-0>
- Ibáñez, M. B., de Castro, A. J., & Kloos, C. D. (2017, July). An empirical study of the use of an augmented reality simulator in a face-to-face physics course, 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), pp. 469-471. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2017.105>
- Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109-123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Idowu, J. A. (2024). Debiasing education algorithms. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 34(4), 1510-1540. <https://doi.org/10.1007/s40593-023-00389-4>
- İncemen, S., & Öztürk, G. (2024). Farklı eğitim alanlarında yapay zekâ: Uygulama örnekleri. *International Journal of Computers in Education*, 7(1), 27-49. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12600022>
- Küçük, S. (2015). *Mobil artırılmış gerçeklikle anatomiği öğreniminin tıp öğrencilerinin akademik başarıları ile bilişsel yüklerine etkisi ve öğrencilerin uygulamaya yönelik görüşleri*. Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=CXvg8A1IseJdOvaa93kGEg&no=YtvYhY3Ujfo9fAGnXHVona>
- Küçük, S., Yılmaz, R., Baydaş, Ö., & Göktaş, Y. (2014). Ortaokullarda artırılmış gerçeklik uygulamaları tutum ölçeği: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Eğitim ve Bilim*, 39, 383-392. doi: [10.15390/EB.2014.3590](https://doi.org/10.15390/EB.2014.3590)
- Kamarainen, A. M., et al. (2013). EcoMOBILE: Integrating augmented reality and mobile technologies in environmental education. *Computers & Education*, 68, 50-60. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.018>

- Khairani, R. N., & Prodjosantoso, A. K. (2023). Application of Augmented Reality on Chemistry Learning: A Systematic Review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 1221–1228. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i11.4412>
- Lidiastuti, A. E., Suwono, H., Sueb, S., & Sulisetijono, S. (2024). A review of augmented reality implications and challenges for science education: Current and future perspective. *Pakistan Journal of Life & Social Sciences*, 22(2). <https://doi.org/10.57239/PJLSS-2024-22.2.001486>
- Luo, R., Li, J., Zhang, X., Tian, D., & Zhang, Y. (2024). Effects of applying blended learning based on the ADDIE model in nursing staff training on improving theoretical and practical operational aspects. *Frontiers In Medicine*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1413032>
- Ma, C. W., Cheng, P. S., Chan, Y. S., & Tipoe, G. L. (2023). Virtual reality: a technology to promote active learning of physiology for students across multiple disciplines. *Advances in Physiology Education*, 47(3), 594-603. <https://doi.org/10.1152/advan.00172.2022>
- Mansour, N., Aras, C., Staarman, J. K., & Alotaibi, S. B. M. (2025). Embodied learning of science concepts through augmented reality technology. *Education and Information Technologies*, 30(6), 8245-8275. <http://dx.doi.org/10.1007/s10639-024-13120-0>
- MEB, (2025). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli. Öğretim Programları Ortak Metni. https://tymm.meb.gov.tr/upload/brosur/ortak_metin.pdf
- Morrison, G. R., Ross, S. J., Morrison, J. R., & Kalman, H. K. (2019). *Designing effective instruction*. John Wiley & Sons.
- Mundilarto, M. & Ismoyo, H. (2017). Effect of problem-based learning on improvement physics achievement and critical thinking of senior high school student. *Journal of Baltic Science Education*, 16(5), 761-779.
- Özaltun, G., & Kahraman, M. E. (2024). Artırılmış Gerçeklik (AG) teknolojisinin tasarım eğitiminde etkileşimli öğrenmeye katkısı. *Art-e Sanat Dergisi*, 16(32), 669-700. <https://doi.org/10.21602/sduarte.1367153>
- Özbudak Kılıçlı, Z. (2024). *Fen bilimleri programında yer alan hücre bölünmesi ve kalıtım ünitesinin öğretim tasarımı ve uygulanması*. Yayımlanmamış doktora tezi. Uludağ Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü. <http://hdl.handle.net/11452/1476>
- Özmen, E. (2019). *Artırılmış gerçekliğe dayalı öğretim materyali kullanımının öğrencilerin akademik başarısına ve görüşlerine etkisi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Fırat Üniversitesi.

https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=ILw9wjfkJF3U9hG_xZrxDA&no=B5DUieYXm_n_VPdJNjBoCq

Rahmat, A. D., Kuswanto, H., Wilujeng, I., & Perdana, R. (2023). Implementation of mobile augmented reality on physics learning in junior high school students. *Journal of Education and E- Learning Research*, 10(2), 132-140. <https://doi.org/10.20448/jeelr.v10i2.4474>

Rossoni, M., Spadoni, E., Carulli, M., Barone, C., Colombo, G., & Bordegoni, M. (2024). Virtual reality in education to enable active learning and hands-on experience. *Computer-Aided Design and Applications*, 21(2), 258-269. <https://doi.org/10.14733/cadaps.2024.258-269>

Ruijia, Z., Wenling, L., & Xuemei, Z. (2025). The impact of Information and Communication Technology (ICT) on learning outcomes in early childhood and primary education: a meta-analysis of moderating factors. *Frontiers in Psychology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1540169>

Sevil, Ş., & Gökoğlu, S. (2024). Yapay zeka uygulamalarının eğitimdeki rolü ve etkileri. In *17th International Computer and Instructional Technologies Symposium (ICITS 2024)*. <https://icits2024.kastamonu.edu.tr/tr/>

Sinap, V. (2024). Eğitimde makine öğrenmesi: Bir bilim haritalama çalışması. *Baskent University Journal of Education*, 11(1), 10-25. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3050879>

Şimşek, A. (2014). *Öğretim tasarımı*. Nobel Akademik Yayıncılık.

Şimşek, M. (2022). Makine öğrenmesinin eğitimde kullanımı ile ilgili örnekler. İçinde S. Karabatak (Ed.), *Eğitim & Bilim 2022-III* (s. 39-48). Efeakademi Yayınları.

Tarmidzi, T., Andari, K. D. W., Sari, A., Nuryanti, M., Arfiyanti, R., & Noto, M. S. (2025). Augmented reality and its use in elementary school education: a systematic literature review. *Jurnal Prima Edukasia*, 13(1), 128-145. <https://doi.org/10.21831/jpe.v13i1.75094>

Temur, S. (2025). Eğitimde yapay zekâ kullanımı: Etik sorunlar ve çözümler. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 74, 568-595. <https://doi.org/10.21764/maeuefd.1516576>

Tetik, E. G., & Akın, Z. (2023). Kamu politikası bağlamında dijital eğitim sunumu ve fırsat eşitliği: Ülke karşılaştırmaları. *Kuram ve Uygulamada Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(1), 23-40. <https://doi.org/10.48066/kusob.1200594>

- Ünlü, M. (2023). Matematik Eğitiminde Etkinlik Geliştirmede QR Kod Uygulamaları. *Yükseköğretim Ve Bilim Dergisi*, 13(2), 164-179. <https://doi.org/10.5961/higheredusci.1248351>
- Wojciechowski, R., & Cellary, W. (2013). Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments. *Computers & Education*. 68, 570-585. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.014>
- Yağcı, A., & Şentürk, C. (2023). Fen bilimleri (fizik-kimya-biyoloji) eğitiminde metaverse. *Educatione*, 2(2), 262-288. <https://doi.org/10.58650/educatione.1299434>
- Yıldız, S., & Zengin, R. (2025). *Eğitimde yapay zeka: Temelleri, kullanım alanları ve yapay zeka okuryazarlığı*. İksad Yayınevi. <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15207187>
- Yörük, T. (2024). Eğitimde yapay zekâ ve kişiselleştirilmiş öğrenme. İçinde S. Karataş (Ed). *Eğitim bilimleri alanında uluslararası araştırmalar XXIII*, (s. 21-34). Eğitim Yayınevi.
- Yu, J., Denham, A.R. & Searight, E. (2022). A systematic review of augmented reality game-based learning in STEM education. *Education Tech Research*, 70, 1169–1194. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10122-y>
- Zhang, K., & Aslan, A. B. (2021). AI technologies for education: Recent research & future directions. *Computers & Education: Artificial Intelligence*, 2, Article 100025. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100025>
- Zorluoğlu, S.L., & Sözbilir, M. (2017). Görme yetersizliği olan öğrencilerin öğrenmelerini destekleyici ihtiyaçlar. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(2), 659-682. doi: [10.24315/trkefd.279369](https://doi.org/10.24315/trkefd.279369).

EKLER

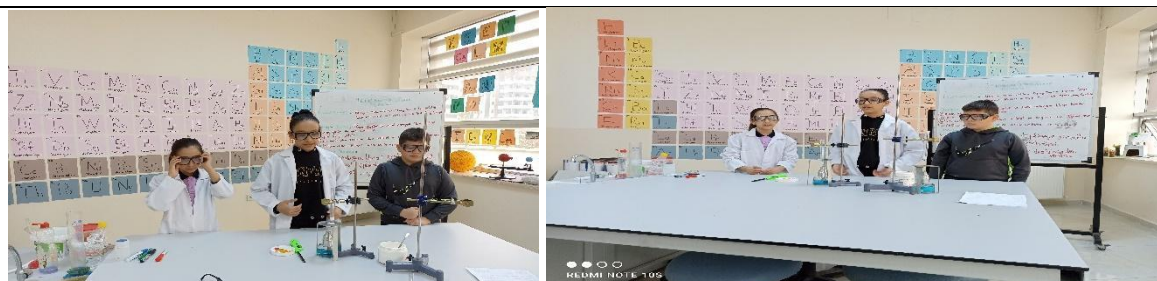
Tablo 7

Deney 1: Potasyum Klorat ile Jelibon Patlatma Deneyi

DENEY MALZEMELERİ	DENEYİN YAPILIŞI	DİKKAT EDİLMESİ GEREKENLER
Potasyum Klorat ($KClO_3$): Jelibon: Isı Kaynağı: Test Tüpü veya Cam Kap: Koruyucu Ekipman:.	Güvenlik Önlemleri:Deneyi yapmadan önce uygun güvenlik ekipmanlarını giyin. Gözlük ve eldiven takmak önemlidir. Malzemeleri Hazırlama:Test tüpüne bir miktar potasyum klorat ekleyin (yaklaşık 1-2 çay kaşığı). Isıtma:Test tüpünü dikkatlice ısıtın. Bu işlemi bir Bunsen brülörü veya benzeri bir ısı kaynağı kullanarak yapabilirsiniz.Isıtma sırasında,sıvı hale geçtikten sonra üzerine birkaç parça jelibon ekleyin. Jelibon, potasyum klorat ile reaksiyona girmek için yeterince organik madde sağlar. potasyum kloratın dekompozisyonu başlayacak ve jelibon ile etkileşime geçecektir. Reaksiyonun Gözlemlenmesi:Isı uygulandığında, potasyum klorat jelibon ile etkileşime geçerek gazlar ve ısı açığa çıkarır. Bu, jelibonun patlamasına neden olur.Dikkatlice gözlem yapın; bu aşamada dikkatli olun, çünkü patlama anında yanıcı gazlar açığa çıkabilir. Sonuçların Değerlendirilmesi:Reaksiyon tamamlandığında, tüpü dikkatlice soğutun ve sonuçları değerlendirin. Jelibonun patlaması, potasyum kloratın oksitleyici özelliklerini ve jelibonun yanıcı özelliklerini gösterir.	Güvenlik: Deney, dikkatli bir şekilde ve uygun güvenlik önlemleri alınarak yapılmalıdır. Yanıcı gazlar ve yüksek sıcaklıklar tehlikeli olabilir. Deney Alanı: Deneyi iyi havalandırılan bir alanda yapmalısınız. Atık Yönetimi: Deney sonrası oluşan atıkları uygun şekilde bertaraf edin.Bu deney, potasyum kloratın oksitleyici özelliklerini ve jelibon gibi organik maddelerin yanıcılığını göstermekte etkili bir yöntemdir. Ancak, güvenlik her zaman öncelikli olmalıdır.

Şekil 13

Jelibon patlatma deneyi



Tablo 8

Deney 2. Baryum Hidroksit ile Enerji Solunumu Deneyi

DENEY MALZEMELERİ	DENEYİN YAPILIŞI	DİKKAT GEREKENLER	EDİLMESİ
Baryum Hidroksit ($\text{Ba}(\text{OH})_2$) Su Şeker veya Glikoz Test Tüpü veya Erlenmeyer Şişesi Termometre pH Kağıdı veya pH Metre Koruyucu Ekipman	Güvenlik Önlemleri:Deneyi yapmadan önce uygun güvenlik ekipmanlarını giyin. Gözlük ve eldiven takmak önemlidir. Baryum Hidroksit Çözeltisi hazırlama: Bir test tüpüne veya erlenmeyer şişesine bir miktar baryum hidroksit ekleyin (örneğin, 1-2 çay kaşığı).Üzerine su ekleyerek baryum hidroksiti tamamen çözünene kadar karıştırın. Şeker Eklemek:Hazırladığınız baryum hidroksit çözeltisine bir miktar şeker veya glikoz ekleyin. Bu, enerji kaynağı olarak işlev görecektir. Sıcaklık Gözlemi:Karışımı iyice karıştırdıktan sonra termometre ile sıcaklığı ölçün ve not edin.Reaksiyon başladıktan sonra sıcaklık değişimlerini gözlemleyin. Enerji solunumu sırasında sıcaklık artışı gözlemlenebilir. pH Ölçümü:Deneyin başında ve sonunda pH seviyesini ölçün. Baryum hidroksit bazik bir bileşiktir, bu nedenle pH değeri yüksek olacaktır. Sonuçların Değerlendirilmesi:Reaksiyon tamamlandığında, sıcaklık ve pH değişimlerini not edin. Şekerin baryum hidroksit ile etkileşimi, enerji solunumu süreçlerini simüle eder.	Güvenlik: Deney, dikkatli bir şekilde ve uygun güvenlik önlemleri alınarak yapılmalıdır. Baryum hidroksit cilt ve gözle temas ettiğinde zararlı olabilir. Atık Yönetimi: Deney sonrası oluşan atıkları uygun şekilde bertaraf edin. Bu deney, baryum hidroksidin enerji solunumu üzerindeki etkilerini gözlemlemek için bir temel sağlar. Ancak, gerçek enerji solunumu süreçleri daha karmaşık kimyasal ve biyolojik mekanizmalar içermektedir.	

Şekil 14

Baryum Hidroksit İle Solunum-Enerji Deneyi

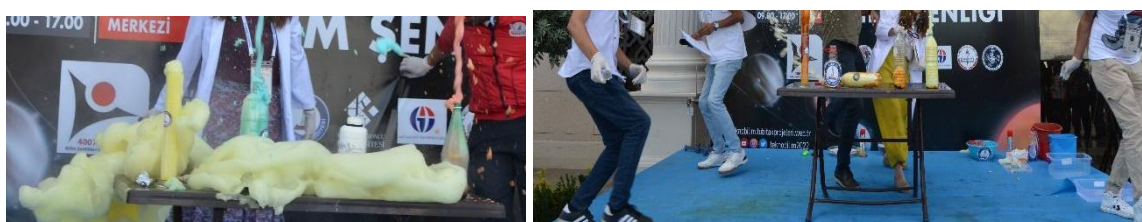


Tablo 9*Deney 3. Hidrojen Peroksit ile Fildişi Macunu Deneyi*

DENEY MALZEMELERİ	DENEYİN YAPILIŞI	DİKKAT GEREKENLER	EDİLMESİ
Hidrojen Peroksit (H_2O_2): %50 Sıvı Sabun: Sodyum iyodür Saf Su Büyük Bir Kap veya Şişe: Koruyucu Ekipman Dereceli silindir-ağzı incelen şişe	Güvenlik Önlemleri: Deneyi yapmadan önce uygun güvenlik ekipmanlarını giyin. Gözlük ve eldiven takmak önemlidir. Dereceli silindir içine 50 ml Hidrojen Peroksit %50 ekleyin. Ardından da üzerine 10 ml sıvı deterjan ekleyin. Hidrojen peroksit – sıvı deterjan karışımının içerisine istediğiniz renkten bir miktar gıda boyası ekleyin ve dereceli silindirdeki karışımı çalkalayarak eşit olarak karışmasını sağlayın. Erlenmayer içerisine 10 gr Potasyum İyodür ve 10 ml Saf Su ile karıştırarak çözeltinin çözünmesini sağlayın. Potasyum iyodür tuzdur ve suda kolaylıkla çözünmektedir. Hazırlamış olduğumuz Hidrojen peroksit çözeltisi üzerine erlenmayer içerisindeki potasyum iyodür çözeltisini hızlıca dökün ve oradan çabucak uzaklaşın. Oluşacak reaksiyon sonucunda oksijen gazı açığa çıkacak ve neticesinde köpürme oluşacaktır.	Güvenlik: Hidrojen peroksit ciltle temas ettiğinde zarar verebilir, bu nedenle dikkatli olun. Atık Yönetimi: Deney sonrası oluşan atıkları uygun şekilde bertaraf edin.	

Şekil15

Fildişi Macunu Deneyi



Tablo 10

Deney 4. Ayrımsal Damıtma Deneyi

DENEY MALZEMELERİ	DENEYİN YAPILIŞI	DİKKAT EDİLMESİ GEREKENLER
Damıtma Aparatı Karışım Sıvıları Isı Kanağı Termometre Küvet: Alkol Koruyucu Ekipman	Güvenlik Önlemleri:Deneyi yapmadan önce uygun güvenlik ekipmanlarını giyin. Gözlük ve eldiven takmak önemlidir. Damıtma Aparatını Kurma:Damıtma balonunu düz bir yüzeye yerleştirin ve karışım sıvılarını (örneğin, su ve alkol) ekleyin.Damıtma balonunun üst kısmına soğutucuyu bağlayın. Soğutucunun su dolu bir küvete yerleştirildiğinden emin olun. Isıtma:Isı kaynağını açın ve damıtma balonunu yavaşça ısıtın. Sıvı karışım kaynamaya başladığında, buhar oluşacaktır.Termometreyi kullanarak buharın sıcaklığını ölçün. Farklı bileşenlerin kaynama noktalarını gözlemleyin. Buharın Yoğunlaşması:Oluşan buhar, soğutucudan geçerek yoğunlaşır ve sıvı hale gelir. Soğutucu, buharın soğumasını ve sıvı olarak toplamasını sağlar. Sıvıların Toplanması:Yoğunlaşan sıvı, damıtma aparatının alt kısmındaki toplama kabına akar. İlk olarak daha düşük kaynama noktasına sahip bileşen (örneğin, alkol) toplanır.Süreç devam ettikçe, daha yüksek kaynama noktasına sahip bileşenler (örneğin, su) toplanmaya başlayacaktır. Sonuçların Değerlendirilmesi:Toplanan sıvıları ayrı ayrı gözlemleyin. Her bir bileşenin miktarını ve özelliklerini not edin. Damıtma işlemi tamamlandığında, sıvıların saflığını ve ayrılma verimliliğini değerlendirin.	Güvenlik: Isı kaynakları ve kimyasallar ile çalışırken dikkatli olun. Atık Yönetimi: Deney sonrası oluşan atıkları uygun şekilde bertaraf edin.

Şekil 16

Ayrımsal Damıtma Düzeneği





The GAG Effect: Modelling High School Students' Attitudes Towards Chemistry

Bülent PEKDAĞ¹, Nursen AZİZOĞLU²

¹ Balıkesir University, Necatibey Education Faculty, pekdag@balikesir.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0003-0611-0617>

² Balıkesir University, Necatibey Education Faculty, nursen@balikesir.edu.tr,
<https://orcid.org/0000-0003-0562-9126>

Received: 16.09.2025

Accepted: 23.09.2025

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc>.

Abstract: In this study, Turkish high school students' attitudes towards chemistry were examined in terms of Gender-Achievement-Grade level (GAG). The study was conducted with 495 high school students attending the 9th, 10th, 11th, and 12th grades of five different schools in the city of Balıkesir. The "Attitude Scale Towards Chemistry" was used as the data collection tool, and non-parametric statistical analysis methods were employed. As a result, the analyses showed the majority of the students in the sample had positive attitudes towards chemistry, and a statistically significant and positive relationship was found between chemistry achievement and attitudes towards chemistry. Furthermore, statistically significant differences in attitude were detected in terms of gender and grade variables. These results were modeled as GAG effect. Discussion was based on the updated Turkish high school curriculum and international literature. Additionally, recommendations for researchers, teachers, and curriculum designers were presented.

Keywords: GAG effect, attitude, academic achievement, gender, grade level

Corresponding author: Bülent PEKDAĞ, Department of Mathematics and Science Education, Chemistry Education.

INTRODUCTION

The goals of chemistry education are related not only to students' cognition but also to students' affect, an umbrella term for their emotions, feelings, moods, and attitudes (Kahveci, 2015). Based on this idea, providing students with positive attitudes towards chemistry should be an important goal of chemistry education. However, the concept of an attitude towards chemistry is slightly vague, and it is frequently expressed and understood poorly (Brown et al., 2014).

The Concept of Attitude

It is reported that the first person to use the term attitude in 1862 was psychologist Herbert Spencer. Spencer used the term attitude to express the mental state of an individual (Allen et al., 1980). The concept of attitude entered the field of social and behavioural sciences in the early 20th century and its scientific study began at that time (Fleck, 2015). In 1935, Gordon Allport, a well-known American psychologist, stated that attitude was "probably the most distinctive and indispensable" concept in social psychology (Allport, 1935). Since the 1940s in particular, social psychologists have devoted much more time to the formation and change of attitudes than to other topics (McGuire, 1969). The concept of attitude, which is frequently discussed in many different branches of science such as psychology, sociology and education, has been seen as an important concept because it gives an idea about how an individual will behave and allows the individual's behaviour to be understood (McKinlay & McVittie, 2008).

When the literature is examined, it is seen that there are many definitions of the concept of attitude. There is no full consensus on a single definition among researchers who have addressed the subject of attitude. The reason for this is that the definitions emphasize different components of attitude.

Components of Attitude

The concept of attitude has been extensively examined by researchers over the years (Barmby et al., 2008; Reid, 2006). A key consensus is that attitude possesses a multidimensional structure. In line with this, social psychologists proposed the tripartite or ABC model, defining attitude as comprising emotional/affective (A), behavioural (B), and cognitive (C) components (Rosenberg & Hovland, 1960; Wagner & Sherwood, 1969). This model remains the most established framework in social psychology, with Rosenberg and Hovland (1960) being the first to mention this 3-component structure.

The cognitive component encompasses beliefs, knowledge, and thoughts about the attitude object; the affective component reflects emotions and feelings; and the behavioural component denotes the tendency to act verbally or physically towards the object (Eagly & Chaiken, 1998).

Like the cognitive and behavioural components, the emotional/affective component also varies individually and is shaped by past experiences, with cognitive component influencing emotional responses in many cases. However, some attitudes are driven purely by affective component without cognitive mediation. Behavioural component includes tendencies expressed with words and/or actions towards the object (Eagly & Chaiken, 1998).

In conclusion, these three interrelated components—cognitive, affective, and behavioural—create an understanding of an individual's overall attitude, reflecting the integration of beliefs, emotions, and actions towards an object.

Definitions of Attitudes Towards Chemistry

Attitude towards chemistry is defined in various ways in the literature, highlighting its multidimensional nature. Klopfer (1971) focused on acceptance of chemistry knowledge, enjoyment of learning, and interest in chemistry-related activities. Gardner (1975) emphasized emotional aspects such as interest, pleasure, and enjoyment. Osborne, Simon, and Collins (2003) described it more broadly, including feelings, beliefs, and values about school chemistry, chemists, and the societal impact of chemistry. Salta and Tzougraki (2004) viewed attitude as learned positive or negative feelings, while Vishnumolakala et al. (2017) defined it as a general evaluation of chemistry. Cheung (2009a) noted that various elements—such as chemistry itself, chemists, chemistry courses, or industrial chemistry—can serve as attitude objects. Therefore, many studies use “chemistry” as the central attitude object. Overall, these perspectives show that attitude towards chemistry involves both affective and cognitive components and significantly influences student engagement.

According to the tripartite attitude model (ABC attitude model) proposed by social psychologists (Rosenberg & Hovland, 1960; Wagner & Sherwood, 1969), statements such as “learning chemistry will help me pursue a career in medicine” (cognitive component), “I like chemistry” (affective component) and “I read chemistry books” (behavioural component) (Ross et al., 2018) can be considered as attitude expressions towards chemistry. Figure 1 shows the components to be considered in the definition of attitude towards chemistry according to the tripartite attitude model.

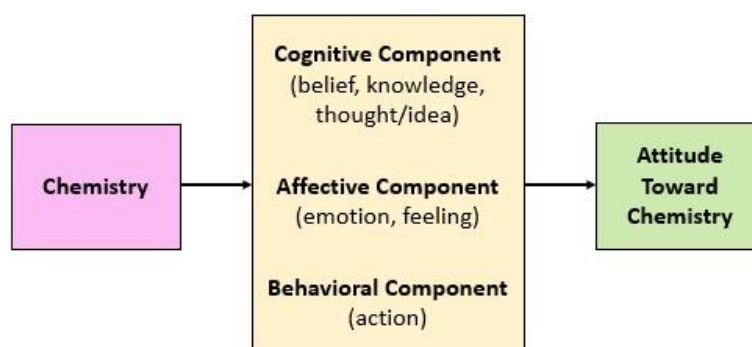


Figure 1

Components to be considered in the definition of attitude towards chemistry (according to the triple/ABC attitude model)

Cheung (2009b), considering the three components indicated in Figure 1, defined attitude towards chemistry lessons in school as liking for chemistry theory lessons and liking for chemistry lab work, evaluative beliefs about school chemistry, and behavioural tendencies to learn chemistry. That is, he conceptualized “attitude to chemistry lessons” as a set of a student’s affective reactions towards, evaluative beliefs about, and behavioural tendencies to the learning of chemistry in school. As can be understood from this conceptualization, the components of attitude are very closely related to each other.

Research Studies on Attitude in Chemistry Education

Research on attitudes towards science education dates back to the 1960s, with seminal works including Dutton and Stephens (1963), Perrodin (1966), and Vitrogon (1967). In recent years, this topic has received increasing attention (Kubiatko et al., 2017; Vilia & Candeias, 2020), highlighting the significance of students’ attitudes towards chemistry in science education.

Attitude levels – low (negative) attitude, medium (neutral) attitude, high (positive) attitude

Adesokan (2000) identified a prevalent negative attitude towards chemistry among Nigerian students. Similarly, Osborne and Collins (2001) reported that British students found certain chemistry topics, such as the periodic table, uninteresting and challenging to memorize. Students also expressed that the subject lacked relevance to their lives or career aspirations. Conversely, practical applications (e.g., mixing chemicals) increased the interest of students who already held positive attitudes towards this aspect of chemistry.

Salta and Tzougraki (2004) found that Greek high school students’ (16-17 years old) attitudes towards the course’s difficulty and interest were neutral. Students viewed chemistry as important for daily life but not useful for future careers. Cheung (2009a) used a four-dimensional attitude scale to assess Hong Kong students’ attitudes towards

chemistry, revealing a slightly positive overall trend. However, a subsequent study (Cheung, 2009b) revealed that 70% of students aged 16-19 did not like chemistry.

Other findings varied by region. Lyons and Quinn (2010) reported positive attitudes among Australian students, driven by perceived career benefits and personal relevance. Xu and Lewis (2011) identified neutral intellectual and emotional attitudes among first-year U.S. university chemistry students. In Turkey, Sezgin Saf (2011) measured neutral attitudes, while Kahveci (2015) also found neutral cognitive and affective attitudes among high school students.

Kubiatko et al. (2017) found that Czech students held positive attitudes towards chemistry and saw it as relevant, but these attitudes declined during their final two years of high school. Similarly, Erökten (2017) reported negative attitudes among Turkish first-year university students enrolled in chemistry courses. In contrast, positive attitudes were identified among Malaysian students aged 16–18 (Ratamun & Osman, 2017). Montes et al. (2018) found that Chilean students displayed slightly higher affective than cognitive attitudes towards chemistry, with overall attitudes remaining neutral.

Despite extensive research spanning decades and nations, a clear consensus regarding students' attitudes towards chemistry has yet to emerge.

Relationship between attitude and academic achievement

Multiple studies confirm a positive relationship between attitude towards chemistry and academic achievement. Xu et al. (2013) demonstrated that positive attitudes correlate with higher achievement in chemistry.

Adesokan (2000) suggested that Nigerian students' negative attitudes stemmed from poor chemistry performance, while Adesoji and Raimi (2004) connected this to low exam scores. Sezgin Saf (2011) indicated that low achievers held negative attitudes, whereas high achievers had positive attitudes. Similarly, Chan and Bauer (2014) found that high chemistry attitudes predicted higher chemistry achievement. In another study, Chan and Bauer (2016) showed that self-esteem and prior knowledge influenced both learning behaviour and exam success, arguing that affective characteristics (attitude, motivation, and chemistry self-concept) shape study habits and performance.

Montes et al. (2018) confirmed that as Chilean students' chemistry grades increased, so did their attitude scores. Oğuz (2020) reported that Turkish students' grade point averages and attitudes were directly proportional. Smith et al. (2020) emphasized that despite complex factors influencing academic achievement, attitude remained a crucial determinant.

In summary, research across various countries consistently demonstrates a significant, positive relationship between attitude and achievement in chemistry.

Relationship between attitude and gender

The influence of gender on attitudes towards chemistry remains inconclusive. Several studies reported that male students held more positive attitudes towards chemistry than females (Brandriet et al., 2011; Vilia & Candeias, 2020). Similar findings emerged in Hong Kong (Cheung, 2009a), the Czech Republic (Kubiatko et al., 2017), and Finland (Kousa et al., 2018).

Conversely, other studies indicated that female students had more positive attitudes (Can & Boz, 2012; Heng & Karpudewan, 2015). Salta and Tzougraki (2004) found no significant gender difference among Greek students, a result also reported by Montes et al. (2018) for Chilean students. Finally, Azizoğlu (2004), Erökten (2017), and Karataş (2020) also found that there was no significant difference in the attitudes of Turkish students towards chemistry according to gender.

Overall, research reveals mixed results, with no clear consensus on the influence of gender on chemistry attitudes.

Relationship between attitude and grade level (age)

Grade level also impacts student attitudes. Ratamun and Osman (2017) found that grade level had a significant effect on the attitudes of Malaysian students (16–18 years) towards chemistry. Cheung (2009a) reported a decline in Hong Kong students' (16–19 years) attitudes with increasing grade level, attributing this to dislike of cookbook-style laboratory work, lack of real-life relevance, and chemistry not being essential for preferred university programs.

Can and Boz (2012) found that grade level significantly affected the attitudes of Turkish students (16–18 years) towards chemistry. While attitude scores fluctuated across grades, an overall decline was observed from 9th to 11th grade in both liking and perceived importance of chemistry. Kubiatko et al. (2017) reported that Czech students' attitudes towards chemistry declined in the final two years of high school. Similarly, Montes et al. (2018) found a decrease in Chilean students' attitudes as grade level increased, attributing this to more complex curriculum, greater abstraction, and the use of specific scientific language.

At the university level, Canpolat et al. (2019) found that Turkish students' attitudes varied by year, with first-year students showing more positive attitudes. They attributed this to superficial learning and exam-focused study habits in later years. In contrast, İçöz (2012) found no statistically significant differences in Turkish high school students' attitudes towards chemistry across grade levels.

Most studies indicate a decline in students' attitudes towards chemistry as grade level increases, though some report fluctuations or no distinct pattern. Overall, the effect of grade level remains unclear and inconsistent across studies.

Rationale and Purpose of the Research

Fostering positive attitudes towards chemistry remains a key goal for educators, parents, and policymakers (Brown et al., 2014). Educational stakeholders widely agree that promoting such attitudes is a central aim and outcome of the science curriculum (Montes et al., 2018).

Several studies stress the importance of student attitudes in chemistry education, warning that overlooking this factor would be a major shortcoming (Kahveci, 2015; Vilia & Candeias, 2020; Xu & Lewis, 2011). Attitude is widely viewed as a key affective factor influencing participation, performance, learning, achievement, and career choices, a view supported by various studies (Brandriet et al., 2011; Karataş, 2020; Xu et al., 2013). However, research over the past 40 years across countries has produced mixed and sometimes contradictory findings regarding the influence of variables like gender and grade level, leaving the factors shaping these attitudes uncertain.

Affective factors such as attitude, interest, motivation, and self-efficacy are vital in chemistry education for their impact on learning and achievement (Vilia & Candeias, 2020). Regular assessment of these factors helps track attitude development (Cheung, 2009b), monitor changes over time, and guide improvements in teaching and learning (Nennig et al., 2020). As Osborne et al. (2003) noted, understanding students' attitudes remains a research priority for educators and curriculum designers.

Despite widespread acknowledgement of the importance of such assessments, studies explicitly examining the relationship between students' attitudes and contextual variables remain limited both globally (Brandriet et al., 2011; Kousa et al., 2018) and within Turkey (Can & Boz, 2012; Kahveci, 2015; Karataş, 2020; Oğuz, 2020; Sezgin Saf, 2011), where this study is situated.

In this study, high school students' attitudes towards chemistry were investigated in relation to various factors. Additionally, the study explored the interrelationships among these variables, conceptualized by the authors as Gender-Achievement-Grade level (GAG) effect. The research was guided by the following questions:

1. What is the attitude level of high school students towards chemistry?
2. Is there a relationship between high school students' attitudes towards chemistry and their academic achievement?

3. Is there a relationship between high school students' attitudes towards chemistry and gender?
4. Is there a relationship between high school students' attitudes towards chemistry and grade level (age)?

METHOD

This section includes information about the research permission (ethical principles), research model, sample, data collection tool, data collection process, and data analysis.

Research Model

This study was conducted as survey research from quantitative research methods. Survey models are research approaches that aim to describe a past or current situation as it is. The event, individual, or object that is the subject of the research is tried to be defined within its own conditions and as it is. It does not make any effort to change or affect them in any way. Survey models are survey arrangements made on the entire universe or a group, sample or sample to be taken from it to reach a general judgment about the universe in a universe consisting of many elements (Karasar, 2008). In this research, the opinions of the individuals forming the sample on the subject were determined and the data was summarized and interpreted with statistical analyses.

Obtaining Research Permissions

The ethical principles determined by the American Psychological Association (2017) were followed in the conduct of the research. Before starting the research, the following procedures were carried out in order: preparation of the research application form, sending the research application form to the ethics committee and obtaining the research permission by the Ethics Committee of Science and Engineering Sciences at Balıkesir University, obtaining permission from the National Education Directorate of the province where the research will be conducted, voluntary participation approval or parental approval.

Sample

The sample of the research consists of a total of 495 high school students (15-18 years old) studying in the 9th, 10th, 11th, and 12th grades of five different state schools located in the city centre of Balıkesir. General information about the research sample is given in Table 1.

Table 1*Distribution of the sample by high school, grade level, and gender*

Schools	9th grade		10th grade		11th grade		12th grade		Total (n)
	Girls	Boys	Girls	Boys	Girls	Boys	Girls	Boys	
High school 1	13	16	18	10	18	6	4	17	102
High school 2	12	15	18	12	17	13	8	10	105
High school 3	14	12	14	14	10	8	5	14	91
High school 4	18	11	18	11	10	7	10	8	93
High school 5	15	13	21	7	12	14	11	11	104
Total (n)	139		143		115		98		495

The selection of the five high schools and students constituting the sample was carried out by random sampling method. The randomly selected students were also asked to volunteer. The reason why the number of students, as well as the number of girls and boys, differ based on school and grade level is due to the sampling method and the principle of volunteering.

Data Collection Tool

Attitude scale towards chemistry

The Attitude Scale Towards Chemistry (ASTC), developed by Geban et al. (1994), was employed to assess students' attitudes towards chemistry. Previous studies reported a Cronbach's alpha reliability coefficient of 0.83 for the scale (Azizoğlu, 2004). In this study, the reliability coefficient was recalculated as 0.92, indicating high internal consistency (Shadish et al., 2002).

Likert scale is perhaps one of the easiest and most direct data collection tools used to measure attitudes. Therefore, ASTC consists of 15 items on a 5-point Likert type that measure students' attitudes towards chemistry. Each scale item includes levels of agreement that students can express their opinions as "fully agree", "agree", "undecided", "disagree" and "fully disagree". Some representative items from the Attitude Scale Towards Chemistry (ASTC) include statements such as: "Chemistry is a field that I like very much" (Item 1), "Chemistry does not have a very important place in daily life" (Item 3), and "I would like to have more class hours allocated to chemistry courses" (Item 8).

As reflected in these examples, the ASTC comprises both positively and negatively worded items. Positive items were scored from 1 (fully disagree) to 5 (fully agree), while negative items were reverse-scored to ensure that higher scores reflected more positive attitudes. Therefore, the minimum possible total score on the scale was 15, while the maximum possible total score was 75. To interpret these scores, students' total attitude scores were classified into attitude levels as follows:

- 15–30: Negative attitude
- 31–45: Neutral attitude
- 46–60: Positive attitude
- 61–75: Highly positive attitude

These classifications allowed for the determination of each student's general attitude level towards chemistry based on their total ASTC score.

The affective, behavioural, and cognitive components of attitude identified by researchers (Rosenberg & Hovland, 1960) were not measured separately in this study. Although the scale encompasses items reflecting affective, cognitive, and psychomotor components, the analyses were performed without distinguishing among these dimensions, based on the rationale that reporting overall attitudes would provide a more comprehensive representation of the sample.

Chemistry academic achievement

Students' final chemistry grade averages were obtained through chemistry teachers in five participating high schools. These final grades reflect the combination of semester exam results, classroom performance, and end-of-year evaluations. To address the second research question, which examines the relationship between attitude and academic achievement, students' grades were classified based on the Ministry of National Education's grading scale:

- Fail: 0-49.99 score range (*low academic achievement*)
- Pass: 50-59.99 score range (*low academic achievement*)
- Moderate: 60-69.99 score range (*medium academic achievement*)
- Good: 70-84.99 score range (*high academic achievement*)
- Very good: 85-100 score range (*high academic achievement*)

Data Collection Process

After obtaining the necessary permissions in accordance with ethical principles, the ASTC as a data collection tool was administered to the students who constituted the sample in

the 2023-2024 academic year under the supervision of the class teacher and one of the researchers in a classroom environment. The students answered the items on the scale in 20-25 minutes. The collection of data from five high schools took 1 month.

Data Analysis

Students' responses to the attitude scale were coded and entered into SPSS 24.0 for analysis. Prior to selecting statistical procedures, the Shapiro-Wilk test was used to assess data normality, as it is considered highly sensitive and effective for various distribution shapes and sample sizes.

The attitude scores' normality result was $W(495)=0.979$, $p<0.001$, and the chemistry achievement scores' result was $W(495)=0.906$, $p<0.001$, indicating non-normal distributions for both variables. Consequently, non-parametric tests were used, including Spearman correlation analysis, the Kruskal-Wallis test, and the Mann-Whitney U test, to answer the research questions.

FINDINGS

The findings obtained as a result of the statistical analyses are presented under subheadings to answer the research questions in order.

Attitude Level

To answer the first research question, "*What is the attitude level of high school students towards chemistry?*", descriptive statistical analyses were conducted. The findings obtained as a result of these analyses are given in Figure 2.

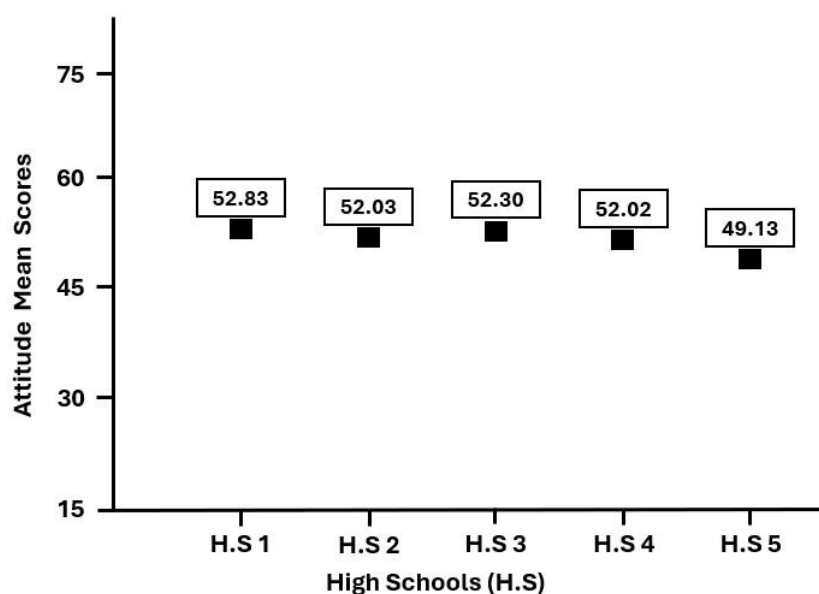


Figure 2

Mean scores of students' attitudes towards chemistry by school

When the findings were examined by the school, it was found that the mean scores of students' attitudes towards chemistry were very close to each other. The total mean score of the sample's attitude towards chemistry was calculated as 51.63.

The findings regarding the students' attitude levels towards chemistry are given in Figure 3.

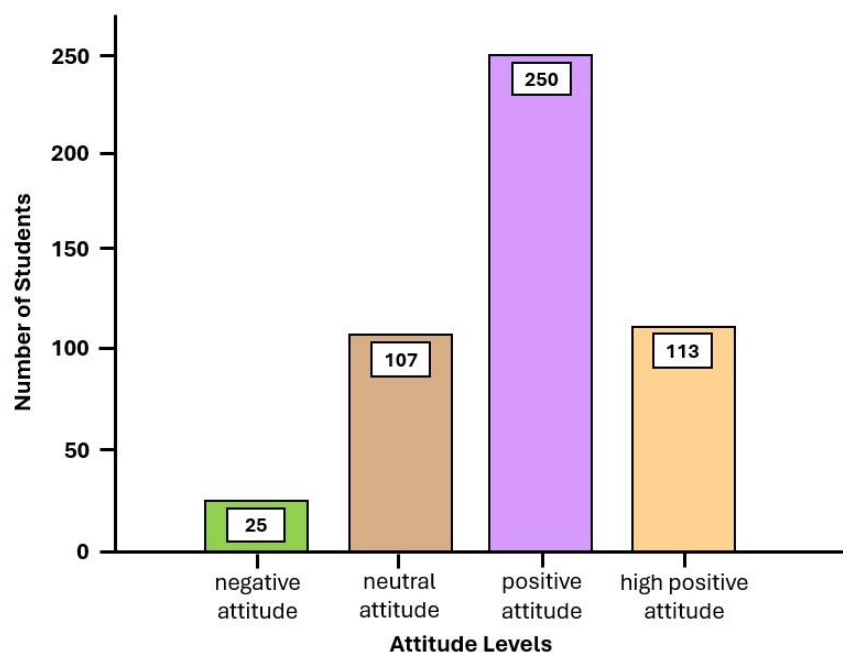


Figure 3

Attitude levels of students towards chemistry

It was determined that 5.1% (25 students) of the students constituting the sample had a negative attitude towards chemistry, 21.6% (107 students) had a neutral attitude, 50.5% (250 students) had a positive attitude and 22.8% (113 students) had a high positive attitude. This finding showed that the vast majority of students (73.3%) had a positive (positive and high positive) attitude towards chemistry.

Relationship Between Attitude and Academic Achievement

To answer the second research question, "*Is there a relationship between high school students' attitudes towards chemistry and their academic achievement?*", Spearman correlation analysis was conducted. As a result of this analysis, it was revealed that there was a statistically significant relationship between students' chemistry academic achievement scores and their attitude towards chemistry scores ($r=0.318$, $p<.001$).

The Kruskal-Wallis test revealed a statistically significant difference in the mean ranks of attitude scores across the different achievement levels ($\chi^2(4)=58.948$, $p<0.001$). The

proportion of variance in attitude scores explained by achievement level was 0.12 (η^2), denoting a moderate association between chemistry academic achievement and students' attitudes towards chemistry.

Table 2 presents the number of students (N), mean attitude scores, and mean rank values for attitudes towards chemistry, organized by students' chemistry achievement levels. Both the mean attitude scores and the mean rank values exhibit a progressive increase corresponding with higher achievement levels, indicating a positive correlation between chemistry academic achievement and students' attitudes towards chemistry.

Table 2

Attitude mean scores and mean ranks across chemistry achievement levels

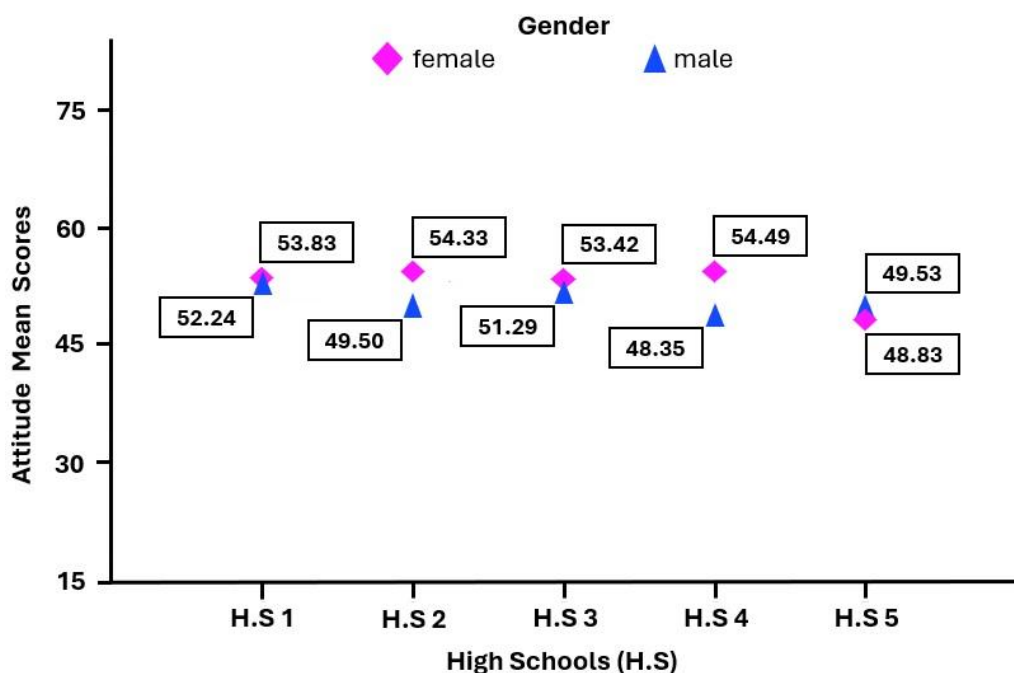
Chemistry Achievement	N	Attitude Mean Score	Attitude Mean Rank
Fail	53	44.30	153.34
Pass	32	45.38	180.50
Moderate	55	48.49	208.35
Good	83	49.41	226.20
Very Good	272	55.11	289.06

These findings indicate that students with higher levels of achievement in chemistry generally exhibit more positive attitudes towards the subject. Specifically, those who failed demonstrated the lowest mean attitude score (44.30) and mean rank (153.34), whereas students categorized as having very good achievement displayed the highest scores (mean attitude score=55.11; mean rank=289.06).

Relationship Between Attitude and Gender

To address the third research question, "*Is there a relationship between high school students' attitudes towards chemistry and gender?*", a Mann-Whitney U test was performed. The result indicated a statistically significant difference between the groups ($z=-1.994$, $p=.046$). Female students demonstrated a higher average rank (259.89) compared to male students (234.19).

Figure 4 presents the findings regarding the relationship between students' attitudes and gender across different schools.

**Figure 4**

Mean scores of male and female students' attitude towards chemistry by school

As seen in Figure 4, it was determined that the attitude mean scores of male and female students were different from each other by school. It was found that female students ($\bar{X}=52.80$) had higher attitude mean scores towards chemistry than male students ($\bar{X}=50.28$) in all schools constituting the sample except for one high school (high school 5).

Figure 5 includes the findings regarding the relationship between attitude and gender by class level.

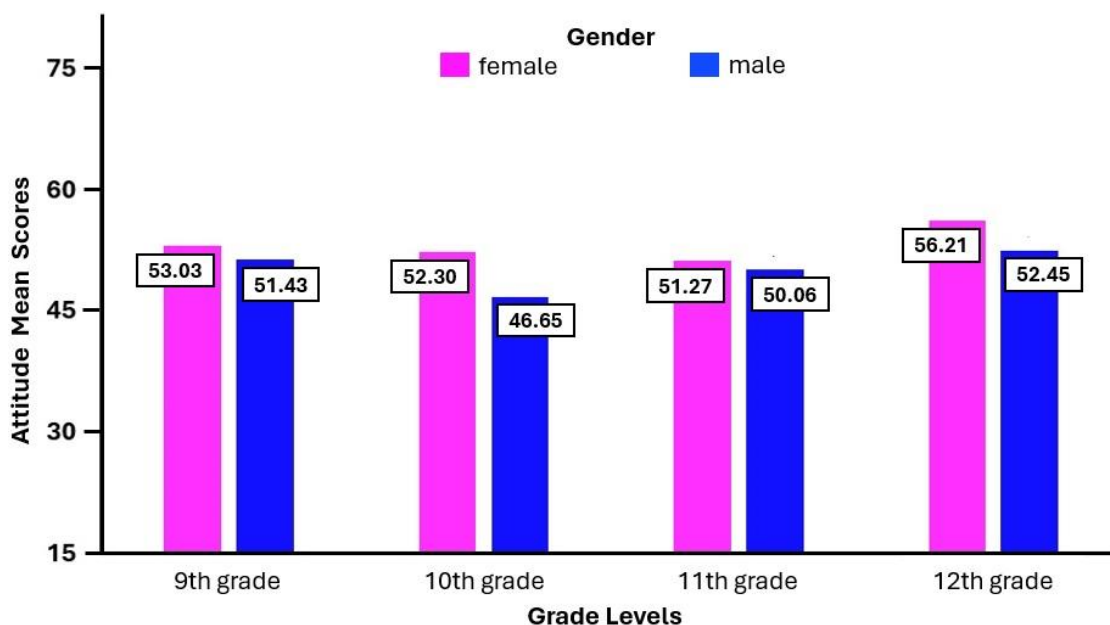


Figure 5

Mean scores of male and female students' attitude towards chemistry based on grade level

As seen in Figure 5, the attitude score means of male and female students were different from each other based on grade level. It was revealed that female students had higher mean scores regarding their attitudes towards chemistry than male students in all grade levels constituting the sample.

Relationship Between Attitude and Grade Level (Age)

In order to answer the fourth research question, "Is there a relationship between high school students' attitudes towards chemistry and grade level (age)?" Kruskal-Wallis test was conducted.

The findings obtained from the test revealed that the mean rank values of students' attitude scores towards chemistry varied across grade levels. Specifically, 9th-grade students (N=139) demonstrated a mean rank of 258.36, followed by 10th-grade students (N=143) with a mean rank of 225.81, 11th-grade students (N=115) with a mean rank of 236.65, and 12th-grade students (N=98) who exhibited the highest mean rank of 279.00. These results indicate that the mean rank values did not follow a consistent upward trend with increasing grade level; instead, fluctuations were observed across grades. Nevertheless, the Kruskal-Wallis test revealed a statistically significant difference in students' attitude scores towards chemistry across grade levels ($\chi^2(3)=9.503$, $p=.023$). The proportion of variability in the ranked dependent variable (attitude) explained by grade level was 0.02, indicating a weak association between

grade level and students' attitudes. Figure 6 presents additional findings concerning the relationship between attitude and grade level (age).

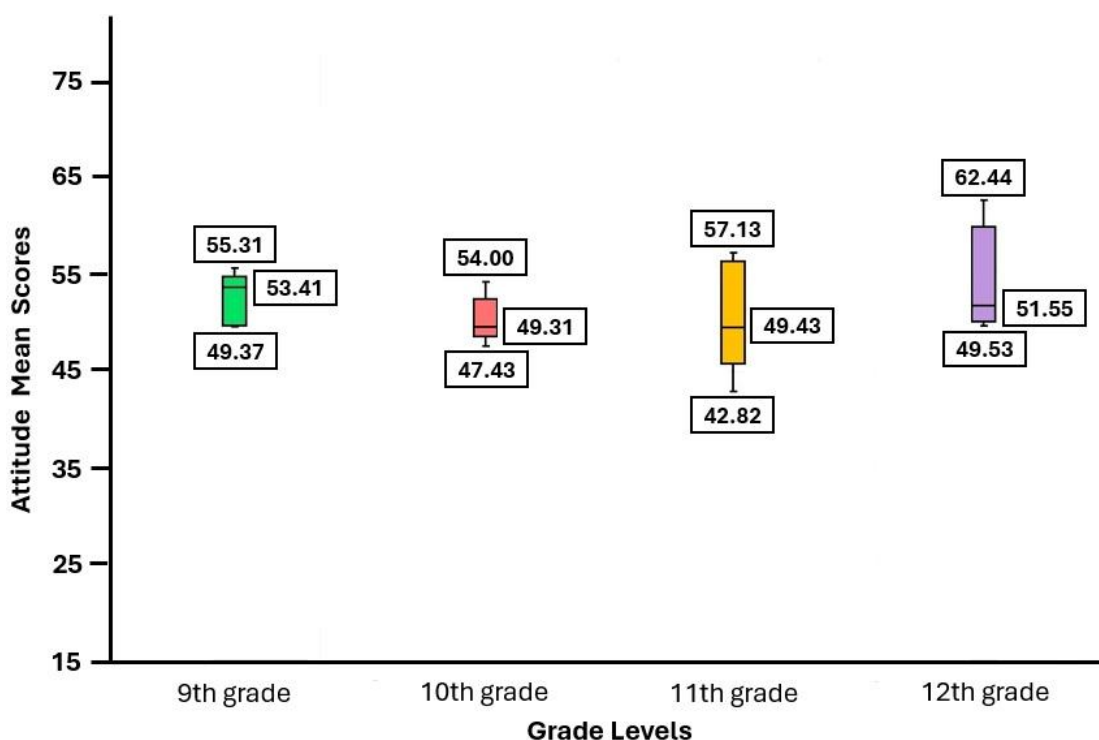


Figure 6

Mean scores of students' attitude towards chemistry by grade level

As illustrated in Figure 6, differences were observed in the mean attitude scores of students towards chemistry across grade levels. The mean attitude scores did not increase consistently with grade level; rather, they fluctuated. Specifically, the overall mean attitude scores were calculated as $\bar{X}=52.26$ for 9th grade, $\bar{X}=50.12$ for 10th grade, $\bar{X}=50.63$ for 11th grade, and $\bar{X}=54.18$ for 12th grade, respectively. These results indicate that students in the 9th and 12th grades exhibited higher mean attitude scores towards chemistry compared to their peers in the 10th and 11th grades within the sample.

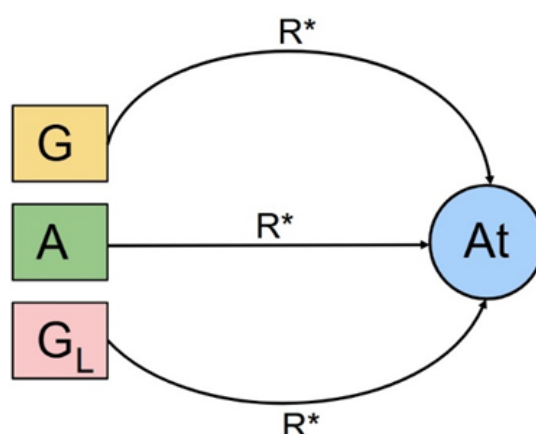
Summary of the Findings

The findings from the statistical analyses are summarized in Table 3, which illustrates the effects of each variable on attitudes towards chemistry using symbolic representations.

Table 3*Summary of findings represented by symbols*

Dependent variable	Relationship (R)	Independent variable	Findings
Gender (G)	significant (*)	Attitude (At)	Female _{At} > Male _{At}
Achievement (A)	significant (*)	Attitude (At)	A _{At} ↑ (or reverse)
Grade Level (G _L)	significant (*)	Attitude (At)	12 _{At} > 9 _{At} > 11 _{At} > 10 _{At}

Figure 7 presents a graphical model illustrating the effects of each variable on attitude in an organized manner. The effect summarized in this model is referred to by the authors as the GAG effect. It is seen that all three variables (gender, achievement and grade level) significantly affect the attitude towards chemistry.

**Figure 7***Modelling the GAG effect*

DISCUSSION

In this study, the attitudes of Turkish high school students towards chemistry were examined in terms of several variables such as gender, grade level, and academic achievement. Descriptive statistical analysis performed in line with the first research question revealed that the majority of students held positive attitudes towards chemistry. This result aligns with the goals of the 2018 chemistry curriculum, which emphasizes both the relevance of chemistry to daily life and its societal contributions. The curriculum

aims to help students connect emotionally with scientists, see chemistry's practical benefits, recognize chemistry related career opportunities, and understand chemistry's role in sustaining life. These objectives likely contribute to students' generally positive perceptions, as they foster both cognitive and affective engagement with the subject.

Supporting this conclusion, previous research highlights similar reasons for positive attitudes. Students often report liking chemistry due to its tangible and observable nature, enjoy participating in practical activities such as experiments, and perceive chemistry as important for understanding the world and pursuing scientific careers (Lyons & Quinn, 2010; Osborne & Collins, 2001; Salta & Tzougraki, 2004).

Although the majority of students showed positive attitudes, a minority exhibited negative views. Literature identifies several factors that may explain such attitudes, including lack of interest, fear or anxiety related to chemistry, difficulty with abstract or memorization-heavy topics (e.g., periodic table), limited laboratory experience, and perceptions that chemistry is irrelevant to daily life or future careers (Cheung, 2009b). Furthermore, teacher-centered instruction and curriculum content that lacks real-life connections can discourage engagement. While the study sample contained few students with negative attitudes, these factors may apply to them. Recognizing these challenges is important for educators aiming to improve chemistry education by making it more inclusive and accessible.

The international literature is still blurry due to conflicting results regarding the attitudes of students from different countries towards chemistry; however, this study showed that Turkish high school students have mostly positive attitudes towards chemistry.

In line with the second research question, the Spearman correlation analysis found that there was a statistically significant relationship between students' academic achievement scores in chemistry and their attitude scores towards chemistry. The Kruskal-Wallis test further confirmed that this significant relationship was positive, indicating that students with favorable attitudes tended to achieve higher academically. This finding corroborates earlier studies showing that positive affective orientations towards chemistry enhance learning outcomes and academic achievement in chemistry (Montes et al., 2018; Oğuz, 2020). This mutual connection indicates that fostering positive attitudes may play a crucial role in improving student achievement in chemistry.

In line with the third research question, the study revealed a statistically significant difference in attitudes based on gender, with female students exhibiting more positive attitudes than male students. This was consistent across most schools and grade levels. This finding contrasts with some traditional stereotypes that associate science and chemistry with males (Salta & Tzougraki, 2004).

Possible explanations for the more positive attitudes among female students include their greater interest and enjoyment in chemistry, stronger emotional connections with scientists, better recognition of chemistry's relevance, and more favorable experiences in chemistry classes (Çalık et al., 2015; Heng & Karpudewan, 2015). Female students' more positive attitudes likely reflect the Turkish Ministry of National Education's efforts to promote gender equity and its integration of gender-inclusive elements into the revised chemistry curriculum. The present study adds significant empirical evidence concerning Turkish students, emphasizing the need to challenge stereotypes and support greater female participation in chemistry education.

Analysis of variance via the Kruskal-Wallis test conducted in line with the fourth research question, showed a statistically significant relationship between students' grade levels and their attitudes towards chemistry. However, this relationship did not follow a simple linear pattern. Instead, attitudes fluctuated across grades: 12th graders showed the highest average attitude scores, followed by 9th graders, with 11th and 10th graders scoring lower.

The literature attributes grade-level differences in students' attitudes towards chemistry to several factors, such as superficial learning, rote memorization, exam-oriented instruction, increasing complexity and abstraction in the curriculum, the use of technical language, perceived lack of relevance of laboratory work to daily life, dislike of cookbook-style experiments, and students' perception that chemistry is not essential for their preferred university programs—particularly in the final year due to exam pressure (Cheung, 2009a; Montes et al., 2018). The explanations proposed in the present study align with several of these factors.

Several studies have found that grade level significantly affects students' attitudes towards chemistry (Heng & Karpudewan, 2015; Oğuz, 2020; Ratamun & Osman, 2017); however, this effect does not consistently indicate an increase with grade progression. Instead, research has reported various patterns, including a general decline in attitudes over time (Karataş, 2020; Montes et al., 2018), a decrease specifically in the final two years of high school (Kubiatko et al., 2017), and non-linear fluctuations (e.g., Grade 9 > Grade 11 > Grade 10) (Canpolat et al., 2019). These findings suggest that curriculum developers and educators should pay close attention to maintaining student motivation and positive engagement throughout all high school years.

Overall, the findings indicate that Turkish high school chemistry education and the revised curriculum support generally positive attitudes towards chemistry, especially among female students, and that positive attitudes are linked to higher academic achievement. However, the observed fluctuations in attitudes by grade level highlight areas for potential improvement, such as curriculum design, instructional methods, and

student support systems, which include academic guidance, emotional and psychological counseling, and programs that foster student engagement and motivation.

This study also underscores the critical role of attitude in chemistry learning, confirming that affective factors are intertwined with cognitive outcomes. Attitudes influence not only knowledge acquisition but also skill development and career choices in science fields. Consequently, attitude research remains a vital area in chemistry education, requiring ongoing investigation to inform effective teaching practices.

Given the mixed and sometimes contradictory findings in international literature, the present study provides valuable insight into the Turkish context, helping to clarify some ambiguities regarding students' attitudes towards chemistry. Educators and policymakers can use these results to tailor interventions that foster positive attitudes, reduce barriers to engagement, and promote gender equity in science education.

In summary, positive attitudes towards chemistry are achievable through updated, relevant curricula and student-centered instructional strategies. Future research should continue to explore the complex dynamics of attitudes in diverse student populations to support inclusive and effective chemistry education worldwide.

Despite its significance, the international literature on attitudes remains unclear, which creates difficulties in planning the effective classroom practices. The findings of this study contribute to reducing this ambiguity by showing that Turkish students generally hold positive attitudes towards chemistry. Moreover, the study highlights the need to consider not only the empirical results but also the contextual factors influencing attitudes in chemistry education.

Accordingly, a number of suggestions are presented below to guide educators/teachers, curriculum developers, and chemistry education researchers.

SUGGESTIONS

This study utilized a Likert-type attitude scale to collect quantitative data, enabling analysis across a broad sample and various variables, which supports the generalizability of the findings. However, this method naturally limits data to statistical analysis. Future research on students' attitudes towards chemistry would benefit from incorporating qualitative approaches, such as interviews or open-ended surveys, to provide richer, in-depth insights through detailed content analysis.

The finding that female students demonstrate more positive attitudes towards chemistry—an uncommon result in the international literature—deserves further

investigation. Additional studies are needed to better understand the factors contributing to this gender difference and to enrich the discourse in science education research.

This study discussed students' generally positive attitudes in relation to the updated 2018 Turkish chemistry curriculum. Further research should explore the connection between curriculum objectives and students' attitudes to better understand how curricular design influences affective outcomes.

Where students' attitudes towards chemistry are negative, curriculum revision should be a primary consideration. Curriculum developers should explicitly include affective goals, emphasizing attitudes alongside cognitive and psychomotor domains.

Although teachers often prioritize students' academic achievement in chemistry, they tend to overlook the development of positive attitudes—one of the fundamental goals of chemistry education. To foster such attitudes, teachers should incorporate engaging and interest-driven practices into their instruction, such as enjoyable hands-on laboratory experiments. Sustained exposure to meaningful and enjoyable learning experiences can lead to a more positive outlook on chemistry over time. Research supports the effectiveness of various innovative methods in promoting positive attitudes, including flipped learning (Mooring et al., 2016), technology-supported instruction (Su, 2008), inquiry-based laboratory activities (Sesen & Tarhan, 2013), and process-oriented guided inquiry learning (Vishnumolakala et al., 2017). Such evidence should motivate teachers to adopt alternative instructional approaches, especially considering that students' attitudes may shape future career choices in chemistry.

Finally, future research examining the effects of gender, achievement, and grade level on attitudes might consider coining the term "GAG effect" to describe the combined influence of these significant variables, as identified in this study.

Conflict of Interest Declaration

The author has not declared a potential conflict of interest during the research, authorship, and publishing of this article.

Ethical Committee Decision / Permission

For this research, an ethical permission was granted by Balıkesir University Science and Engineering Sciences Ethics Committee.

GAG Etkisi: Lise Öğrencilerinin Kimyaya Yönelik Tutumlarının Modellenmesi

Bülent PEKDAĞ¹, Nursen AZİZOĞLU²

¹ Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi, Balıkesir, pekdag@balikesir.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-0611-0617>

² Balıkesir Üniversitesi, Necatibey Eğitim Fakültesi, Balıkesir, nursen@balikesir.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-0562-9126>

Gönderme Tarihi: 16.09.2025

Kabul Tarihi: 23.09.2025

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc>.

Özet: Bu çalışmada lise öğrencilerinin kimya dersine yönelik tutumları; akademik başarı, cinsiyet ve sınıf düzeyi değişkenleri açısından incelenmiştir. Araştırma, Balıkesir ilinde bulunan beş farklı okulun 9, 10, 11 ve 12. sınıflarında öğrenim gören toplam 495 lise öğrencisi ile gerçekleştirilmiştir. Veri toplama aracı olarak "Kimya Dersine Yönelik Tutum Ölçeği" kullanılmış ve analizlerde parametrik olmayan istatistiksel yöntemler uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre örneklemdeki öğrencilerin büyük çoğunluğunun kimya dersine yönelik olumlu tutumlara sahip olduğu ve kimya başarısı ile tutum arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir ilişki bulunduğu ortaya konmuştur. Ayrıca cinsiyet ve sınıf düzeyi değişkenlerine göre tutumlarda istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, GAG etkisi (cinsiyet, başarı ve sınıf düzeyi) şeklinde modellenmiştir. Tartışma bölümü, 2018 Kimya Dersi Öğretim Programı ve uluslararası literatür temel alınarak yapılmıştır. Buna ek olarak araştırmacılar, öğretmenler ve program geliştiriciler için çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: GAG etkisi, tutum, akademik başarı, cinsiyet, sınıf düzeyi

Sorumlu yazar: Bülent PEKDAĞ, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Kimya Eğitimi Anabilim Dalı.

REFERENCES

- Adesoji, F. A., & Raimi, S. M. (2004). Effects of enhanced laboratory instructional technique on senior secondary students' attitude toward chemistry in Oyo Township, Oyo State, Nigeria. *Journal of Science Education and Technology*, 13(3), 377-385. <https://doi.org/10.1023/B:JOST.0000045465.81437.3b>
- Adesokan, C. O. (2000). *Effects of students attitude and gender on performance in integrated science* [Unpublished BEd Project]. University of Ado-Ekiti, Nigeria.
- Allen, D. E., Guy, R. F., & Edgley, C. K. (1980). *Social psychology as social process*. Wadsworth Publishing Company.
- Allport, G. W. (1935). Attitudes. In C. Murchison (Ed.), *Handbook of social psychology* (pp.798-844). Clark University Press.

- Azizoğlu, N. (2004). *Conceptual change oriented instruction and students' misconceptions in gases* [Unpublished doctoral dissertation]. Middle East Technical University.
- Barmby, P., Kind, P. M., & Jones, K. (2008). Examining changing attitudes in secondary school science. *International Journal of Science Education*, 30(8), 1075-1093. <https://doi.org/10.1080/09500690701344966>
- Brandriet, A. R., Xu, X., Bretz, S. L., & Lewis, J. E. (2011). Diagnosing changes in attitude in first-year college chemistry students with a shortened version of Bauer's semantic differential. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(2), 271-278. <https://doi.org/10.1039/C1RP90032C>
- Brown, S. J., Sharma, B. N., Wakeling, L., Naiker, M., Chandra, S., Gopalan, R. D., & Bilimoria, V. B. (2014). Quantifying attitude to chemistry in students at the university of the South Pacific. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(2), 184-191. DOI <https://doi.org/10.1039/C3RP00155E>
- Can, H. B., & Boz, Y. (2012). A cross-age study on high school students' attitudes toward chemistry. *International Journal on New Trends in Education and Their Implications*, 3(3), 82-89.
- Canpolat, E., Ateş, H., & Ayyıldız, K. (2019). Fen bilimleri öğretmen adayları kimya bilgilerini günlük yaşamlarıyla ne kadar ilişkilendirebiliyor? [To what extent do prospective science teachers relate chemistry knowledge to their daily lives?]. *Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 38, 66-84. <https://doi.org/10.33418/ataunikkefd.558150>
- Chan, J. Y. K., & Bauer, C. F. (2014). Identifying at-risk students in general chemistry via cluster analysis of affective characteristics. *Journal of Chemical Education*, 91(9), 1417-1425. <https://doi.org/10.1021/ed500170x>
- Chan, J. Y. K., & Bauer, C. F. (2016). Learning and studying strategies used by general chemistry students with different affective characteristics. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 675-684. <https://doi.org/10.1039/C5RP00205B>
- Cheung, D. (2009a). Students' attitudes toward chemistry lessons: The interaction effect between grade level and gender. *Research in Science Education*, 39(1), 75-91. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9075-4>
- Cheung, D. (2009b). Developing a scale to measure students' attitudes toward chemistry lessons. *International Journal of Science Education*, 31(16), 2185-2203. <https://doi.org/10.1080/09500690802189799>
- Çalık, M., Ültay, N., Kolomuç, A., & Aytar, A. (2015). A cross-age study of science student teachers' chemistry attitudes. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), 228-236. <https://doi.org/10.1039/C4RP00133H>
- Dutton, W. H., & Stephens, L. (1963). Measuring attitudes toward science. *School Science and Mathematics*, 63(1), 43-49. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1963.tb13243.x>
- Eagly, A. H., & Chaiken, S. (1998). Attitude structure and function. In D. T. Gilbert, S. T. Fiske, & G. Lindzey (Eds.), *The handbook of social psychology* (pp. 269-322). McGraw-Hill.
- Erökten, S. (2017). Sınıf öğretmenliği öğrencilerinin kimya dersine yönelik tutumları [Pre-service elementary teachers' attitudes towards chemistry course]. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 4(2), 115-121. <https://doi.org/10.21449/ijate.275803>
- Fleck, C. (2015). Attitude: History of concept. In J. D. Wright (Ed.), *International encyclopedia of the social & behavioral sciences* (2nd ed., Vol. 2, pp. 175-177). Elsevier.

- Gardner, P. L. (1975). Attitude to science: A review. *Studies in Science Education*, 2(1), 1-41. <https://doi.org/10.1080/03057267508559818>
- Geban, Ö., Ertepinar, H., Yılmaz, G., Atlan, A., & Şahbaz, F. (1994, 15-17 Eylül). (1994). *Bilgisayar destekli eğitimin öğrencilerin fen bilgisi başarılarına ve fen bilgisine tutumlarına etkisi* [The effect of computer-assisted education on students' science achievement and attitudes towards science]. I. Ulusal Fen Bilimleri Eğitimi Sempozyumu, İzmir, Türkiye.
- Heng, C. K., & Karpudewan, M. (2015). The interaction effects of gender and grade level on secondary school students' attitude towards learning chemistry. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(4), 889-898. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1446a>
- İçöz, Ö. F. (2012). *The relationship among secondary school students' attitudes, motivation and self-efficacy beliefs toward chemistry lessons* [Unpublished master's thesis]. Middle East Technical University.
- Kahveci, A. (2015). Assessing high school students' attitudes toward chemistry with a shortened semantic differential. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), 283-292. <https://doi.org/10.1039/C4RP00186A>
- Karataş, R. (2020). *Lise öğrencilerinin kişisel yönelimleri ile kimya dersine karşı tutumlarının ilişkisel ve karşılaştırmalı incelenmesi* [A correlational and comparative analysis of high school students' personal tendencies and their attitudes towards chemistry lesson] [Unpublished master's thesis]. Bahçeşehir Üniversitesi.
- Karasar, N. (2008). *Bilimsel araştırma yöntemi* (18. baskı). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Klopfer, L. E. (1971). Evaluation of learning in science. In B. S. Bloom, J. T. Hastings, & G. F. Madaus (Eds.), *Handbook of formative and summative evaluation of student learning* (pp. 559-641). McGraw-Hill.
- Kousa, P., Kavonius, R., & Aksela, M. (2018). Low-achieving students' attitudes towards learning chemistry and chemistry teaching methods. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(2), 431-441. <https://doi.org/10.1039/C7RP00226B>
- Kubiatko, M., Balatova, K., Fancovicova, J., & Prokop, P. (2017). Pupils' attitudes toward chemistry in two types of Czech schools. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(6), 2359-2552. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.01239a>
- Lyons, T., & Quinn, F. (2010). *Choosing science: Understanding the declines in senior high school science enrolments*. National Centre of Science, ICT and Mathematics Education for Rural and Regional Australia (SiMERR Australia), University of New England.
- McGuire, W. J. (1969). The nature of attitudes and attitude change. In G. Lindzey, & E. Aronson (Eds.), *The handbook of social psychology* (Vol. 3, pp.136-314). Addison-Wesley.
- McKinlay, A. & McVittie, C. (2008). *Social psychology and discourse*. Wiley-Blackwell.
- Montes, L. H., Ferreira, R. A., & Rodriguez, C. (2018). Explaining secondary school students' attitudes towards chemistry in Chile. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(2), 533-542. <https://doi.org/10.1039/C8RP00003D>
- Mooring, S. R., Mitchell, C. E., & Burrows, N. L. (2016). Evaluation of a flipped, large-enrollment organic chemistry course on student attitude and achievement. *Journal of Chemical Education*, 93(12), 1972-1983. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00367>
- Nennig, H. T., Idarraga, K. L., Salzer, L. D., Bleske-Rechek, A., & Theisen, R. M. (2020). Comparison of student attitudes and performance in an online and a face-to-face

- inorganic chemistry course. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(1), 168-177. <https://doi.org/10.1039/C9RP00112C>
- Oğuz, N. (2020). Öğretmen adaylarının genel kimya dersine yönelik tutumları ve problem çözme becerilerine ilişkin algılarının incelenmesi [Examining prospective teachers' attitudes towards general chemistry course and their perceptions of problem-solving skills] [Unpublished master's thesis]. Kastamonu Üniversitesi.
- Osborne, J., & Collins, S. (2001). Pupils' views of the role and value of the science curriculum: A focus- group study. *International Journal of Science Education*, 23(5), 441-467. <https://doi.org/10.1080/09500690010006518>
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
- Perrodin, A. F. (1966). Children's attitudes toward elementary school science. *Science Education*, 50(3), 214-218. <https://doi.org/10.1002/sce.3730500307>
- Ratamun, M. M., & Osman, K. (2017). The effect of gender and grade level on rural Sarawak indigenous secondary school students' attitudes towards chemistry lesson to enhance learning. *The Eurasia Proceedings of Educational & Social Sciences*, 6, 87-98.
- Reid, N. (2006). Thoughts on attitude measurement. *Research in Science & Technological Education*, 24(1), 3-27. <https://doi.org/10.1080/02635140500485332>
- Rosenberg, M. J., & Hovland, C. I. (1960). Cognitive, affective, and behavioral components of attitudes. In M. Rosenberg, C. Hovland, W. McGuire, R. Abelson, & J. Brehm (Eds.), *Attitude organization and change: An analysis of consistency among attitude components* (pp. 1-14). Yale University Press.
- Ross, J., Nuñez, L., & Lai, C. C. (2018). Partial least squares structural equation modeling of chemistry attitude in introductory college chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 1270-1286. <https://doi.org/10.1039/C7RP00238F>
- Salta, K., & Tzougraki, C. (2004). Attitudes toward chemistry among 11th grade students in high schools in Greece. *Science Education*, 88(4), 535-547. <https://doi.org/10.1002/sce.10134>
- Sesen, B. A., & Tarhan, L. (2013). Inquiry-based laboratory activities in electrochemistry: High school students' achievements and attitudes. *Research in Science Education*, 43(1), 413-435. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9275-9>
- Sezgin Saf, A. (2011). Ortaöğretim 9. sınıf öğrencilerinin kimya dersine ilişkin tutum, motivasyon ve öz yeterlik algılarının çeşitli değişkenler ile incelenmesi [Investigation of attitude, motivation and senses of self-confidence of 9th grade secondary school students towards the chemistry course with several variables] [Unpublished master's thesis]. Selçuk Üniversitesi.
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton Mifflin Company.
- Smith, T. J., Walker, D. A., Chen, H.-T., & Hong, Z.-R. (2020). Students' sense of school belonging and attitude towards science: A cross-cultural examination. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(5), 855-867. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-10002-7>
- Su, K.-D. (2008). The effects of a chemistry course with integrated information communication technologies on university students' learning and attitudes. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(2), 225-249. <https://doi.org/10.1007/s10763-006-9062-7>

- Vilia, P., & Candeias, A. A. (2020). Attitude towards the discipline of physics-chemistry and school achievement: Revisiting factor structure to assess gender differences in Portuguese high-school students. *International Journal of Science Education*, 42(1), 133-150. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1706012>
- Vishnumolakala, V. R., Southam, D. C., Treagust, D. F., Mocerino, M., & Qureshi, S. (2017). Students' attitudes, self-efficacy and experiences in a modified process-oriented guided inquiry learning undergraduate chemistry classroom. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(2), 340-352. <https://doi.org/10.1039/C6RP00233A>
- Vitrogan, D. (1967). A method for determining a generalized attitude of high school students toward science. *Science Education*, 51(2), 170-175. <https://doi.org/10.1002/sce.3730510215>
- Wagner, R. V., & Sherwood, J. J. (1969). *The study of attitude change*. Brooks/Cole Publishing Company.
- Xu, X., & Lewis, J. E. (2011). Refinement of a chemistry attitude measure for college students. *Journal of Chemical Education*, 88(5), 561-568. <https://doi.org/10.1021/ed900071q>
- Xu, X., Villafane, S. M., & Lewis, J. E. (2013). College students' attitudes toward chemistry, conceptual knowledge and achievement: Structural equation model analysis. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 188-200. <https://doi.org/10.1039/C3RP20170H>



Developing an Achievement Test Related to The Unit 'Interactions Between Chemical Species'

Dilek TEKE¹, Mustafa SÖZBİLİR²

¹ Atatürk University, Kazım Karabekir Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education, Chemistry Education, dilekteke@atauni.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-7407-2806>

² Atatürk University, Kazım Karabekir Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education, Chemistry Education, sozbilir@atauni.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-6334-9080>

Received: 17.09.2025

Accepted: 27.09.2025

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc>.

Abstract:

The aim of this study is to develop a highly valid and reliable achievement test that measures ninth-grade students' level of understanding of the topics and concepts covered in the "Interactions between Chemical Species" unit. Designed using a survey method, this study collected data from 10 experts in chemistry education and 174 high school students, and CVI validity values were calculated according to the Lawshe technique. The CVI value for the second version of the achievement test, from which the opinions of two field experts were obtained and necessary corrections were made, was found to be .95. The pilot application of the test was then conducted with 174 high school students. The data obtained yielded item difficulty index (IDI)=.57, item discrimination index (IDI)=.25 and KR-20=.83. After corrections and analyses, the final version of the achievement test, which initially contained 27 questions in the item pool, resulted in a 26-item achievement test. It is assessed that the developed achievement test can be used as an effective tool for determining student achievement within the relevant topic area.

Keywords: Interactions between chemical species, achievement test, Lawshe technique

Corresponding author: Dilek TEKE, dilekteke@atauni.edu.tr (This study is financed by TÜBİTAK (The Scientific and Technological Research Council of Türkiye) under the project no 220K292. We thank TÜBİTAK for financial support.)

EXTENDED SUMMARY

Introduction

Chemistry is important to our lives. Education is key to raising societies aware of this. It helps individuals solve problems, think with models, be sensitive and aware of dangers, protect the environment and develop science and society sustainably, as well as many general skills. Assessment is necessary to understand whether these skills have developed.

There are measurement and assessment tools in chemistry education to assess students' understanding of topics and concepts. The most important is the achievement test. These tests measure conceptual understanding and knowledge. It is important to establish the validity and reliability of these tests. Developing a valid and reliable achievement test in chemistry education is therefore important.

When developing achievement tests in chemistry education, descriptive statistics, the KR-20 method, and the Item Difficulty Index (IDI) and Item Discrimination Index (IDI) are commonly used for data analysis. The Lawshe technique, however, is less frequently employed. The Lawshe technique is an important method for analysing opinions obtained from experts. It is based on calculating the Content Validity Ratio (CVR) for each question according to the experts' opinions, and then calculating the Content Validity Index (CVI) by averaging these ratios. This calculation ensures that content validity is based on the opinions of experts. However, very few studies in the literature use the Lawshe technique. Therefore, more research is needed on the use of this technique in chemistry education.

Upon re-examining the literature, it was observed that substances and their properties were the most widely studied topic related to achievement test development. Furthermore, the majority of the target audience was at middle school level. The least studied topics were high school subjects such as chemical interactions and the nature of chemistry. Therefore, within the scope of this study, the topic of "Interactions between chemical species" was chosen as there is little research on it in the development of achievement tests, particularly with regard to shaping mental schemas. Carefully designed multiple-choice or open-ended tests aimed at shaping students' mental schemas, particularly with regard to topics related to chemical abstraction, can improve the quality of teaching. In this context, the aim of this research is to develop an achievement test that measures ninth-grade students' success in understanding the topics and concepts covered in the "Interactions between Chemical Species" unit.

Method

This study used a survey to reveal people's situations, desires, values, behaviors, living environments, beliefs and ideas. It also studied large groups regarding any problem or

question. The survey research design was chosen to determine the achievement levels of high school students who studied the unit "Interactions between chemical species".

The study group for this research consisted of 10 experts in chemistry education and 174 high school students. The experts' opinions regarding the achievement test prepared were obtained first. After this, the achievement test was adjusted. Then, a pilot application of the achievement test was conducted with 174 students in three different Anatolian high schools.

In this study, an achievement test was developed related to the unit on "Interactions between chemical species". It was based on seven learning outcomes concerning chemical concretization (see Table 4). The test had 27 items and was developed to evaluate these learning outcomes. After the experts evaluated the questions, the CVR and CVI validity values were calculated. The lowest possible CVI value was .62, based on 10 experts' opinions. The questions were revised based on this feedback. The revised questions were then circulated to the same ten experts for a second opinion. The CVI was recalculated, increasing to .95. The test was then given to a sample of high school students. The item difficulty index (IDI), item discrimination index (IDI) and KR-20 values were then examined. Since the index of each question was greater than .50, no items needed to be removed. However, question 18 was removed because it yielded a negative value.

Results and Discussion

The validity ratio and index of the achievement test were calculated based on expert opinions. Expert feedback was obtained twice. The values in Table 5 represent the CVI_1 initial values and the CVI_2 values obtained after adjustments were made based on the second round of expert feedback. Table 5 shows the CVR ratios for each question. It also shows the CVI values calculated by taking the average of the CVR values calculated for each question. Table 5 shows that when the CVR_1 value was adjusted based on the experts' opinions, the CVR_2 value increased.

A pilot application was conducted with high school students to assess the reliability of the achievement test. The KR-20, item difficulty index (IDI) and item discrimination index (IDI) values obtained from this application were examined to determine the difficulty levels of the questions. Table 7 shows the KR-20 and IDI values of the achievement test according to the learning outcomes and questions.

Looking at Table 7, it can be seen that the majority of the questions are at an intermediate level. Some questions were found to be easy, while others were difficult. Since the achievement test was intended to include difficult, intermediate, and easy questions, all questions except question 18 were retained.

Recommendations

Following the development of questions related to the subject and learning outcomes within the scope of this study, it was observed that the incorporation of opinions from subject matter experts resulted in an enhancement of the content validity of the achievement test. Consequently, the incorporation of perspectives from a minimum of seven subject matter experts has been demonstrated to enhance the content validity of achievement tests. Furthermore, the study was conducted with 174 high school students. It is acknowledged that this number may be increased in subsequent studies. Furthermore, interviews can be conducted with students to enrich the question bank.

“Kimyasal Türler Arası Etkileşimler” Ünitesine Yönelik Bir Başarı Testi Geliştirme Çalışması

Dilek TEKE¹, Mustafa SÖZBİLİR²

¹ Atatürk Üniversitesi, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Kimya Eğitimi, dilekteke@atauni.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-7407-2806>

² Atatürk Üniversitesi, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Kimya Eğitimi, sozbilir@atauni.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-6334-9080>

Gönderme Tarihi: 17.09.2025

Kabul Tarihi: 27.09.2025

Doi: <https://doi.org/10.37995/jotcsc>.

Özet:

Bu araştırmanın amacı dokuzuncu sınıf öğrencilerinin “Kimyasal türler arası etkileşimler” ünitesinde yar alan konu ve kavramları anlama düzeylerini ölçen geçerlik ve güvenilirliği yüksek bir başarı testi geliştirmektir. Tarama yöntemiyle tasarlanan bu çalışma da 10 kimya eğitimi alan uzmanından ve 174 lise öğrencisinden veri toplanmış, Lawshe tekniğine göre KGİ geçerlik değerleri hesaplanmıştır. Alan uzmanlarından iki defa görüş alınan ve gerekli düzeltmelerin yapıldığı başarı testinin ikinci versiyonu için KGİ değeri .95 olarak bulunmuştur. Daha sonra testin pilot uygulaması 174 lise öğrencisi ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler ile MGİ=.57, MAİ=.25 ve KR-20=.83 olarak hesaplanmıştır. Hadde havuzunda başlangıçta 27 sorunun yer aldığı başarı testinin nihai versiyonunda yapılan düzeltme ve analizler sonunda 26 soruluk bir başarı testi elde edilmiştir. Geliştirilen başarı testinin ilgili konu kapsamında öğrenci başarılarını belirlemede etkili bir araç olarak kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar kelimeler: Kimyasal türler arası etkileşimler, başarı testi, Lawshe tekniği

Sorumlu yazar: Dilek TEKE, dilekteke@atauni.edu.tr (Bu çalışma, TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından 220K292 numaralı proje kapsamında finanse edilmiştir. TÜBİTAK'a desteği için teşekkür ederiz.)

GİRİŞ

Kimya eğitimi; bireylere problem çözme, modellerle düşünme, tehlikelere karşı duyarlı ve bilinçli olma, çevrenin korunması için veya bilimin ve toplumun sürdürülebilir kalkınmasına ve birçok genel becerinin geliştirilmesine yön verir (Eilks & Hofstein, 2013, s. 7; Lai & Fong, 2023; Sweeder vd., 2023). Bu genel becerilerin gelişip gelişmediğini anlamak için bir değerlendirmenin yapılması gerekmektedir. Kimya eğitiminde öğrencilerin konu ve kavramları anlama becerilerine yönelik pek çok ölçme ve değerlendirme aracı geliştirilmiştir. Bunlardan en önemlisi olan ise başarı testleridir. Başarı testleri; öğrencilerin bilgi düzeylerini ölçmenin yanında kavramsal anlama düzeylerini belirleyen yapılandırılmış ölçme araçlarıdır. Bu testlerin geçerlik ve güvenilirliklerinin yapılması, ölçme ve değerlendirmenin doğru yapılması açısından kritik bir öneme sahiptir (Bayrakçıken, 2009, s. 293). Bu bağlamda ele alındığında kimya eğitiminde geçerli ve güvenilir bir başarı testi geliştirmek oldukça önemlidir. Tablo 1’de alan yazınında yer alan bazı başarı testi geliştirme

çalışmaları, bu testlerin geliştirildiği konu, hedef kitle ve kullanılan veri analizleri sunulmuştur.

Tablo 1'de başarı testi geliştirirken veri analizi olarak betimsel istatistik, KR-20, Madde Güçlük İndeksi (MGİ) ve Madde Ayırt-edicilik İndeksi (MAİ) çoğunlukla yapılırken Lawshe tekniği (Akbulut vd., 2025; Gürler & Akgün, 2023; Üçüncü & Sakız, 2020) ise az başvurulan analizlerdendir.

Tablo 1

Kimya Eğitiminde Son Beş Yılda Yapılan Başarı Testleri

Araştırma	Kimya Konusu	Hedef Kitle	Örneklem Büyüklüğü	Veri Analizi
Ademola vd., (2023)	Nükleer kimya	Ortaokul	49	Betimsel istatistik, KR-20
Akbulut vd., (2025)	Saf madde ve karışımlar	Ortaokul	204	MGİ, MAİ, KR-20, Lawshe tekniği
Avwiri (2025)	Molekül yapısı ve nükleer kimya	Ortaokul	3441	Betimsel istatistik, KR-20
Belayneh & Belachew, (2024)	Kimyasal kinetik ve denge	Lise	159	Betimsel istatistik
Boz vd., (2022)	Kimyasal türler arası etkileşimler	Lise	80	Betimsel istatistik, MGİ, MAİ, Faktör analizi
Dağ & Karamustafaoğlu, (2023)	Madde ve özellikleri	İlkokul	227	KR-20, MGİ, MAİ
Güneş & Nakiboğlu, (2021)	Doğa ve kimya	Lise	421	Betimsel istatistik, KR-20, MGİ, Faktör analizi
Gürler & Akgün, (2023)	Madde ve özellikleri	Ortaokul	300	MGİ, MAİ, KR-20, Lawshe tekniği
Haşer vd., (2021)	Temel laboratuvar bilgisi	Üniversite	125	Betimsel istatistik, KR-20
Kadioglu-Akbulut & Uzuntiryaki-Kondakci, (2021)	Kimyasal denge ve asit-baz	Lise	154	Betimsel istatistik, KR-20
Koroğlu vd., (2023)	Madde ve özellikleri	Ortaokul	268	Betimsel istatistik, KR-20, MGİ, MAİ, Faktör analizi
Nacaroglu vd., (2020)	Madde döngüleri ve çevre sorunları	Ortaokul	251	Betimsel istatistik, KR-20, MGİ, MAİ, Faktör analizi
Özkan & Yadigaroglu, (2020)	Asit-Baz	Ortaokul	212	Betimsel istatistik, KR-20, MGİ, MAİ, Faktör analizi
Pazar & Karamustafaoğlu, (2023)	Saf madde ve karışımlar	Ortaokul		KR-20, MGİ, MAİ
Sarı & Çakır, (2024)	Basınç	Ortaokul	102	Betimsel istatistik, KR-20, MGİ, MAİ
Soylu vd., (2020)	Madde ve ısı	Ortaokul	350	KR-20, MGİ, MAİ
Tepe & Akkuzu Güven (2020)	Grafik okuma	Üniversite	128	MGİ, MAİ, KR-20

Lawshe tekniği, uzmanlardan alınan görüşlerinin istatistiksel analizinde kullanılır. Bu teknikte her soru için uzmanlardan alınan görüşlere göre kapsam geçerlik oranı (KGO) hesaplanır ve KGO değerlerinin ortalamasının hesaplanmasıyla kapsam geçerlik indeksi (KGİ) bulunur (Lawshe, 1975). Lawshe tekniği altı aşamadan oluşmaktadır (Yurdugül, 2005). Alan yazınına bakıldığında Lawshe tekniği kullanılan sınırlı sayıda çalışma vardır (Akbulut vd., 2025; Gürler & Akgün, 2023; Üçüncü & Sakiz, 2020). Genellikle uzman görüşüne dayalı yapılan çalışmalarda uzmanlardan alınan görüşler nitel yollarla testlerin geliştirilmesinde kullanılırken nicelik açısından yapılan iyileştirme hakkında yeterli kanıt oluşturulamamaktadır. Bu yüzden Lawshe tekniği hem niteliksel hem de niceliksel kanıt sunma açısından araç geliştirme çalışmalarını oldukça güçlendirmektedir.

Kimyasal türler arası etkileşimler; maddenin yapısını, fiziksel ve kimyasal özelliklerini anlamayı sağlayan temel yapı taşlarından biridir. Bu etkileşimler; atom, molekül ve iyonlar arasındaki çekim kuvvetlerini içeren etkileşim/bağlardır (Özmen, 2004). Öğrencilerin etkileşimleri kavraması, kimya konularını (çözünürlük, donma noktası, molekül geometrisi vb.) anlamalarını kolaylaştırarak kavramsal bir bütünlük sağlamaktadır (Çalık & Ayas, 2005). Taber (2001)'in yaptığı çalışmada öğrencilerin genellikle kimyasal ve fiziksel etkileşimleri birbirine karıştırdığını ve mikroskobik (sub-mikroskobik) düzeyde kimyasal somutlaştırma yapamadığını ortaya koymuştur. Bu nedenle kavramsal öğrenmeyi destekleyen öğretim materyallerinin kullanımı bu ünite için oldukça önemlidir. Bu bağlamda öğrencilerin bu üniteye özelliği de kimyasal somutlaştırma gerektiren kazanımlarına yönelik konuları anladıklarını anlamak için geçerli ve güvenilir başarı testlerinin geliştirilmesi alan için önemlidir. Treagust'a (2007) göre etkili bir başarı testinde konuya özgü yanlış anlamaları ve kavram yanılgılarını da tespit edebilecek kapsamda olmalıdır. Özellikle kimyasal somutlaştırma ile ilgili konularda öğrencilerin zihnindeki şemaları şekillendirmeye yönelik özenle hazırlanmış çoktan seçmeli veya açık uçlu testler, öğretim sürecinin niteliğini artırabilir. Bu bağlamda bakıldığında araştırmanın amacı, dokuzuncu sınıf öğrencilerinin "Kimyasal türler arası etkileşimler" ünitesinde yar alan konu ve kavramları anlama düzeylerini ölçen geçerlik ve güvenilirliği yüksek bir başarı testi geliştirmektir. Bu amaç çerçevesinde aşağıdaki araştırma sorularına cevap aranmıştır.

- ✓ Dokuzuncu sınıf öğrencilerinin "Kimyasal türler arası etkileşimler" ünitesindeki başarı testinin geçerliği ne düzeydedir?
- ✓ Dokuzuncu sınıf öğrencilerinin "Kimyasal türler arası etkileşimler" ünitesindeki başarı testinin güvenilirliği ne düzeydedir?

YÖNTEM

Bu bölümde çalışmanın deseni, çalışma grubunun özellikleri, veri toplama araçları ve analizi yer almaktadır.

Çalışmanın Deseni/Modeli

Çalışmada tarama (survey) yöntemi kullanılmıştır. Tarama; insanların durumlarını, isteklerini, değerlerini, davranışlarını, yaşam ortamlarını, inanışlarını ve fikirlerini ortaya koymak için kullanılır. Ayrıca herhangi bir problem veya soru hakkında büyük gruplarda çalışma yapmak için de kullanılır (Fraenkel, vd., 2012, s. 393; McMillan & Schumacher, 2012, s. 233). Bu çalışmada "Kimyasal türler arası etkileşimler" ünitesini gören lise öğrencilerin başarı düzeylerini belirlemek amaçlandığı için tarama yönteminin uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Çalışma Grubu

Bu araştırmanın çalışma grubu 10 kimya eğitimi alan uzmanından ve 174 lise öğrencisinden oluşmaktadır. Tablo 2'de kimya eğitimi alan uzmanlarının demografik özellikleri yer almaktadır.

Tablo 2

Başarı Testine Görüş Veren Kimya Eğitimindeki Uzmanlarının Demografik Özellikleri

Uzman	Mesleği	Mesleki deneyimi (yıl)	Cinsiyeti	Uzman	Mesleği	Mesleki deneyimi (yıl)	Cinsiyeti
1	Akademisyen	27	Kadın	6	Akademisyen	14	Kadın
2	Akademisyen	14	Kadın	7	Akademisyen	31	Erkek
3	Akademisyen	33	Erkek	8	Akademisyen	29	Erkek
4	Akademisyen	21	Erkek	9	Akademisyen	8	Kadın
5	Akademisyen	7	Kadın	10	Akademisyen	23	Erkek

Alan uzmanlarından görüş aldıktan sonra başarı testinde düzenlemeler yapılmıştır. Sonrasında üç farklı Anadolu lisesinde 174 öğrenciye başarı testinin pilot uygulaması yapılmıştır. Tablo 3'te bu öğrencilerin demografik özellikleri verilmiştir.

Tablo 3

Başarı Testinin Pilot Uygulamasının Yapıldığı Lise Öğrencilerin Demografik Özellikleri ve 2022 Yılına Ait Liselerin Merkezi Yerleştirme Puanları ve Taban Yüzdeleri (MEB, 2022)

Liseler	Öğrenci Sayısı	Taban Puan	Taban Yüzde	Tavan Puan	Tavan Yüzde	Seviyesi
Birinci Lise	55	383.67	12.95	417.73	7.04	Orta
İkinci Lise	61	85.79	Serbest alım	-	-	Düşük
Üçüncü Lise	58	432.18	4.97	459.55	1.89	Yüksek
Toplam	174					

Veri Toplama Süreci

Çalışma kapsamında “kimyasal türler arası etkileşimler” ünitesi ile ilgili başarı testi geliştirilmiştir. Başarı testi Tablo 4’te yer alan ve kimyasal somutlaştırma ile ilgili olan yedi kazanıma göre geliştirilmiştir. Bu kazanımları kapsayan başarı testinde yer alan soruların 23’ü çoktan seçmeli (beş seçenekli) ve dört tanesi de boşluk doldurmalı sorulardan oluşmaktadır.

Tablo 4

“Kimyasal Türler Arası Etkileşimler” Ünitesinde Soru Hazırlanan Kazanımlar (MEB, 2018) ve Soru Sayısı

Konular	Kazanımlar	Soru Sayısı
Kimyasal Türleri Tanıyalım	K ₁ : 9.3.1.1. Kimyasal türleri açıkla (Radikal kavramına girilmez).	5
Güçlü Etkileşimler	K ₂ : 9.3.3.1. İyonik bağın oluşumunu iyonlar arası etkileşimler ile ilişkilendirir.	5
	K ₃ : 9.3.3.3. Kovalent bağın oluşumunu atomlar arası elektron ortaklaşması temelinde açıkla.	4
	K ₄ : 9.3.3.5. Metalik bağın oluşumunu açıkla.	3
Zayıf Etkileşimler	K ₅ : 9.3.4.2. Kimyasal türler arasındaki zayıf etkileşimleri sınıflandırır.	4
	K ₆ : 9.3.4.3. Hidrojen bağları ile maddelerin fiziksel özellikleri arasında ilişki kurar.	3
Fiziksel ve Kimyasal Değişimler	K ₇ : 9.3.5.1. Fiziksel ve kimyasal değişimi, kopan ve oluşan bağ enerjilerinin büyüklüğü temelinde ayırt eder.	3

Konu kazanımlara göre soruların dağılımı ve uzman görüşünün alındığı form (Ek 1) yardımıyla kimya eğitimi alan uzmanlarının görüşleri alınmıştır. Uzman görüşü alma işlemi

iki aşamada tamamlanmış her aşamada uzmanlardan alınan nitel görüşler ve nicel veriler analiz edilerek başarı testi revize edilmiştir. Uzmanlardan gelen dönütler içeriğe yönelik olmuştur. En çok gelen dönüt "atom-iyon molekül" kavramlarının yerine "kimyasal türler" kavramının kullanılması olmuştur. Ayrıca bazı uzmanlardan da "bağ" kelimesi yerine "etkileşim" kelimesinin kullanılması gerektiğine yönelik dönütler gelmiştir.

Son olarak da lise öğrencilerine başarı testinin pilot uygulaması yapılmıştır. Şekil 1'de çalışma kapsamında hazırlanan başarı testinin geliştirme süreci ayrıntılı olarak verilmiştir.

Şekil 1

Başarı Testinin Geliştirme Süreci

Soru havuzunun oluşturulması	• 27 soruluk madde havuzu oluşturulmuştur.
Belirtke tablosunun hazırlanması	• Kimya öğretim programına yer alan yedi kazanıma göre belirtke tablosu hazırlanmıştır.
Uzman görüşlerinin alınması	• 10 kimya eğitimi uzmanından 27 soru ile ilgili görüşler alınmıştır.
Uzman görüşlerine göre testin düzenlenmesi	• Lawshe (1975) göre sorular analiz edilmiş ve kapsam geçerlik oranlarına bakılarak soruların bazıları düzeltilip uzmanlara tekrardan gönderilmiştir.
İkinci kez uzman görüşünün alınması	• 10 kimya eğitimi uzmanından ve sonrasında dört kimya öğretmeninden de görüş alınmıştır.
Pilot uygulama formunun oluşturulması	• Uzmanlardan alınan görüşlere göre Lawshe (1975) göre kapsam geçerlik indeksi hesaplandıktan sonra testin ilk şekli oluşturulmuştur.
Pilot uygulamanın yapılması	• Üç farklı lisede bulunan toplamda 174 lise öğrencisine pilot uygulama yapılmıştır.
Soruların analiz edilmesi ve testin standarlaştırılması	• Öğrencilerden elde verilerin MGİ ve MAİ indekslerine bakılarak sorular analiz edilmiştir.
Başarı testinin son hâlinin verilmesi	• Bir soru testen çıkarılarak 26 soruluk bir başarı testi geliştirilmiştir.

Veri Analizi

Hazırlanan sorular, Tablo 2'deki uzmanlar tarafından değerlendirildikten sonra verdikleri görüşler kapsamında KGO ve KGİ geçerlik değerleri hesaplanmıştır. Lawshe (1975) tekniğinde 10 uzman için verilen en düşük KGİ değeri .62'dir. Çalışma kapsamında 10 uzmandan alınan görüşlere göre hesaplanan KGİ değeri ilk aşamada .55 olarak bulunmuştur. Bu değer .62'den küçük olduğu uzmanların verdiği dönütlere göre sorular

düzeltilmiştir. Düzeltelen sorular aynı 10 uzmana tekrar gönderilmiştir ve ikinci kez uzmanlardan görüş alınmıştır. İkinci görüşten sonra tekrar KGİ hesaplanmıştır ve bu değer .95 olarak bulunmuştur. Daha sonra testin pilot uygulama aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada 174 lise öğrencisi ile testin uygulaması yapılmıştır. Sonrasında MGİ=.57, MAİ=.25 ve KR-20=.83 değerleri hesaplanmıştır. MGİ=.57 ve MAİ=.25 değerleri başarı testindeki soruların orta güçlükte olduğunu göstermektedir. Bu durum başarı testlerinde istenilen bir durumdur. KR- 20= .83 değeri ise başarı testinin güvenilirliğinin yüksek olduğunu göstermektedir.

BULGULAR

Bu bölümde başarı testinin kapsam geçerliği ile ilgili olan KGO ve KGİ değerleri ve testin güvenilirliği ile ilgili MGİ, MAİ ve KR-20 değerleri verilmiştir.

Kapsam Geçerliği (Lawshe Tekniği) ile İlgili Bulgular

Başarı testinin geçerlik oranı ve indeksi Lawshe (1975) tarafından geliştirilen ve uzmanlardan alınan görüşe göre hesaplanmıştır. Uzmanlardan iki kere görüş alınmıştır. Tablo 5'te verilen KGİ₁ ilk ve KGİ₂ de düzeltmelerin yapıp ikinci kez alınan görüşlerden elde edilen değerdir. Tablo 5'te her soruya ait KGO oranları verilmiştir. Ayrıca her bir soru için hesaplanan KGO değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanan KGİ değerleri de verilmiştir.

Tablo 5

Başarı Testine Ait KGO ve KGİ Değerleri

Sorular	KGO ₁	KGO ₂	Sorular	KGO ₁	KGO ₂	Sorular	KGO ₁	KGO ₂
S1	.80	.87	S10	.28	.94	S19	.68	.87
S2	.68	.94	S11	.68	.94	S20	.00	.94
S3	.60	.94	S12	.88	1.00	S21	.68	.94
S4	.68	1.00	S13	.20	.94	S22	.68	.87
S5	.76	1.00	S14	.56	1.00	S23	.48	.94
S6	.00	1.00	S15	.28	.94	S24	.48	.87
S7	.36	.87	S16	.40	.94	S25	.68	1.00
S8	.68	1.00	S17	.56	1.00	S26	.76	1.00
S9	.76	1.00	S18	.68	1.00	S27	.60	.94
KGİ ₁ : .55			KGİ ₂ : .95					

Tablo 5'e bakıldığında KGO₁ değeri uzmanların verdiği görüşler dikkate alınıp düzeltiltiğinde KGO₂ değerinin yükseldiği görülmüştür.

Güvenirlik ile İlgili Bulgular

Başarı testinin güvenilirliği için lise öğrencilerine pilot uygulama yapılmıştır. Bu uygulamadan elde edilen verilerin KR-20, soruların zorluk-kolaylık düzeylerini de belirlemek için MGİ ve MAİ değerlerine bakılmıştır. Tablo 6'da başarı testinin KR-20, MGİ ve MAİ değerleri kazanım ve sorulara göre verilmiştir.

Tablo 6'ya bakıldığında MGİ değerlerine göre soruların çoğunluğunun orta seviye zorlukta olduğu görülmüştür. Bazı soruların kolay, bazı soruların ise zor olduğu tespit edilmiştir. Başarı testinde zor, orta ve kolay sorularında olması istenildiği için 18. soru hariç diğer sorular atılmamıştır. MAİ'ne bakıldığında 18. soru eksi değerinde çıktığı için testten çıkarılmıştır.

Tablo 6

Kazanım ve Sorulara Göre Başarı Testinin MGİ, MAİ ve KR-20 Değerleri

Kazanım	Sorular	İlk %27	Son %27	MGİ	MAİ	KR-20
K1	S1	1.00	.81	.90	.10	.83
	S2	1.00	.89	.95	.05	.83
	S3	.85	.11	.48	.37	.82
	S4	.45	.30	.37	.07	.84
	S5	.90	.28	.59	.30	.83
K2	S6	.96	.30	.63	.33	.82
	S7	.90	.30	.60	.30	.83
	S8	.81	.28	.54	.27	.83
	S9	.96	.26	.61	.35	.82
	S10	.17	.17	.17	.00	.84
K3	S11	.98	.32	.65	.33	.82
	S12	.95	.23	.59	.37	.82
	S13	.87	.32	.60	.28	.83
	S14	.87	.29	.58	.29	.82
K4	S15	.85	.26	.55	.30	.83
	S16	1.00	.81	.90	.10	.83
	S17	.81	.30	.55	.26	.83
K5	S18	.06	.19	.13	-.06	.84
	S19	.64	.23	.44	.20	.83
	S20	.87	.21	.54	.33	.82
	S21	.89	.34	.62	.28	.83
K6	S22	.94	.19	.56	.37	.82
	S23	.72	.15	.44	.29	.83
	S24	.73	.02	.38	.36	.82
K7	S25	.70	.23	.47	.23	.83
	S26	.98	.40	.69	.29	.83

S27	.95	.57	.76	.19	.83
Ortalama			.57	.25	.83

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu bölümde dokuzuncu sınıf "Kimyasal Türler arası etkileşimler" ünitesinde yer alan bazı kazanımlara göre geliştirilen başarı testi, geçerlik ve güvenirlik bakımından değerlendirilmiştir. Bulgulardan elde edilen veriler doğrultusunda başarı testinin, geçerlik ve güvenirlik şartlarını sağladığı ve eğitim öğretim sürecinde kullanılabilecek nitelikte olduğu sonucuna varılmıştır.

Başarı testinin kapsam geçerliği, alan uzmanlarından alınan görüşler doğrultusunda hesaplanarak KGİ değeri .95 bulunmuştur. Bu yüksek oran, testte yer alan soruların büyük ölçüde öğretim programındaki kazanımlarla örtüştüğünü ve konuyu temsil etme gücünün yüksek olduğunu göstermektedir. Alan yazınına bakıldığında benzer şekilde kapsam geçerliği yüksek olan çalışmaların olduğu tespit edilmiştir (Akbulut vd., 2025; Gürler & Akgün, 2023; Üçüncü & Sakiz, 2020).

Madde güçlük indeksi ortalaması 0.57 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, alan yazınında ideal kabul edilen 0.20–0.80 aralığı içinde yer almakta ve testin orta düzeyde güçlükte maddeler içerdiğini göstermektedir (Bayrakçıken, 2009). Bu güçlük düzeyi, testin hem düşük hem yüksek başarı düzeyine sahip öğrencileri ayırt edebilmesi açısından olumlu bir göstergedir. Özellikle öğrencilerin doğrudan gözlemlemesi mümkün olmayan fenomenlere (veya olgulara) yönelik kavramları içeren kimya konularında orta düzeyde güçlük testleri işlevsel olarak kabul edilmektedir (Akbulut vd., 2025; Boz vd., 2022; Güneş & Nakiboğlu, 2021; Kadioglu-Akbulut & Uzuntiryaki-Kondakci, 2021; Köroğlu vd., 2023; Sarı & Çakır, 2024; Tepe & Akkuzu Güven, 2020). Bununla birlikte MAİ ortalaması 0.25 olarak bulunmuştur. MAİ'lerinin .20 ve .80 arasında olması soruların yüksek ve düşük başarı düzeyine sahip öğrencileri etkili biçimde ayırt edebildiğini göstermektedir (Bayrakçıken, 2009, s. 322). Alan yazınında benzer çalışmaları mevcuttur (Akbulut vd., 2025; Boz vd., 2022; Güneş & Nakiboğlu, 2021; Kadioglu-Akbulut & Uzuntiryaki-Kondakci, 2021; Köroğlu vd., 2023; Sarı & Çakır, 2024; Tepe & Akkuzu Güven, 2020).

Başarı testinin güvenirliğini gösteren KR-20 değeri 0.83 olarak hesaplanmıştır. KR-20 değeri, testin iç tutarlılığını ortaya koymakta olup 0.80 ve üzeri değerler yüksek güvenirlik olarak değerlendirilmektedir (Büyüköztürk, 2021). Bu bulgu, testin güvenilir ve tutarlı sonuçlar ürettiğini; benzer koşullarda uygulandığında benzer başarı düzeylerini yansıtacağını göstermektedir (Akbulut vd., 2025; Güneş & Nakiboğlu, 2021; Kadioglu-Akbulut & Uzuntiryaki-Kondakci, 2021; Sarı & Çakır, 2024; Tepe & Akkuzu Güven, 2020).

Sonuç olarak "Kimyasal türler arası etkileşimler" konusuna yönelik geliştirilen başarı testi; kapsam geçerliği ve güvenirliği yüksek, güçlük ve ayırt edicilik düzeyleri uygun bir ölçme aracı olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca bu testin değerlendirme amaçlı uygulamalarda etkili bir araç olarak kullanılabileceği söylenebilir.

ÖNERİLER

Bu bölümde çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara yönelik öneriler verilmiştir.

- Çalışma 174 lise öğrencisi ile yapılmıştır. Bu sayı yeni yapılacak çalışmalarda artırılabilir. Hatta soru havuzunu zenginleştirmek için öğrencilerle görüşmeler yapılabilir.
- Başarı testi; farklı okullarda, farklı sosyoekonomik düzeylere sahip olan ve farklı bölgelerdeki öğrenci gruplarına uygulanarak genellenebilirliği artırılabilir.
- Başarı testine kavram yanılgılarını ortaya çıkaran tanılayıcı sorular eklenebilir. Kimyasal türler arası etkileşimler ünitesinin soyut yapısı nedeniyle öğrencilerin kavramsal yanılgılarını ölçebilecek nitelikte sorular, testin tanılayıcı işlevini güçlendirecektir.

Çıkar Çatışması Bildirimi

Yazarlar; bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayımlanmasına ilişkin herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan etmemiştir.

Destek/Finansman Bilgileri

Bu araştırma 1002 TÜBİTAK Fonu (Proje No: 22K292) tarafından desteklenmektedir.

Etik Kurul Kararı/İzin

Bu araştırma için için Atatürk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü kurumundan (2020-56785782-050.02.04-E.2000082062) etik izin alınmıştır.

KAYNAKÇA

Ademola, I. A., Oladejo, A. I., Gbeleyi, O. A., Onowugbeda, F. U., Owolabi, O. L., Okebukola, P. A., ... & Uhuegbu, S. I. (2023). Impact of culturo-techno-contextual approach (CTCA) on learning retention: A study on nuclear chemistry. *Journal of Chemical Education*, 100(2), 581-588.

- Akbulut, H. İ., Mısır, N., Köroğlu, H., Yıldız, H., & Fidan, S. (2025). Saf madde ve karışımlar ünitesine yönelik analitik düşünme becerisi testi geliştirme çalışması. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(1), 1-33.
- Avwiri, H. E. (2025). Effects of computer-supported collaborative learnings on secondary school students' academic achievement in chemistry. *St. Theresa Journal of Humanities and Social Sciences*, 11(1), 35-46.
- Bayrakçeken, S. (2009). Test geliştirme. E. Karip (Ed.), *Ölçme ve değerlendirme içinde* (ss. 293-324). Pegem Akademi.
- Belayneh, K. D., & Belachew, W. (2024). TSPCK-Based instruction and academic achievement of grade 11 students on chemical kinetics and equilibrium. *Cogent Education*, 11(1), 2292873.
- Boz, C., Sarioğlu, A. B., & Özcan, H. (2022). Kimyasal bağlar konusunda başarı testi geliştirme çalışması. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(2), 149-166. <https://doi.org/10.52826/mcbuefd.1065432>
- Çalık, M., & Ayas, A. (2005). A cross-age study on the understanding of chemical solutions and their components. *International Education Journal*, 6(1), 30-41.
- Dağ, M., & Karamustafaoğlu, S. (2023). "Maddenin özellikleri" ünitesi: Başarı testi geliştirme ve öğrenci başarısını belirleme. *Millî Eğitim Dergisi*, 52(237), 221-254.
- Eilks, I. & Hofstein, A. (Ed.). (2013). *Teaching chemistry a studybook: A practical guide and textbook for student teachers, teacher trainees and teachers*. Sense.
- Fraenkel, J.R., Wallen, N.E., & Hyun, H. H. (2012). *How to design & evaluate research in education (8th Edt.)*. McGraw Hill.
- Güneş, O., & Nakiboğlu, C. (2021). 10. sınıf öğrencilerinin kimya dersi "doğa ve kimya" ünitesi ile ilgili kavramaları ve bilgi düzeylerinin incelenmesi. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 12(2), 611-629. <https://doi.org/10.51460/baebd.952519>
- Gürler, S. A., & Akgün, H. (2023). 4. sınıf fen bilimleri dersi "maddenin özellikleri" ünitesine ilişkin akademik başarı testi geliştirme: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(88), 1849-1870.
- Hançer, M., Aydoğan, N., & Çankaya, Ö. (2021). Fen bilgisi öğretmen adaylarının temel laboratuvar fen bilgilerinin ölçülmesine yönelik başarı testi geliştirilmesi: Geçerlik ve güvenirlik analizleri. *Uluslararası Eğitim Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 57-76.
- Kadioglu-Akbulut, C., & Uzuntiryaki-Kondakci, E. (2021). Implementation of self-regulatory instruction to promote students' achievement and learning strategies in the high

- school chemistry classroom. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(1), 12-29.
- Köroğlu, M. N., Karaca, M. ve Bektaş, O. (2023). Maddenin yapısı ve özellikleri konusunda başarı testi geliştirme: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Anadolu Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (AUJEF)*, 7(1), 1-32.
- Lai, W.-F., & Fong, M. (2023). Use of comparative research in the study of chemistry education: A systematic analysis of the literature. *Heliyon*, 10(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22881>
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel psychology*, 28(4).
- McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2012). *Research in education: Evidence-based inquiry* (7th Edition). Pearson.
- Millî Eğitim Bakanlığı, (2018). *Ortaöğretim kimya 9 ders kitabı*. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı.
- Millî Eğitim Bakanlığı, (2022). *2022 yılı merkezi sınav puanı ile öğrenci alan liselerin taban/tavan puanları ve yüzdelik dilimleri*. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı.
- Nacaroğlu, O., Bektaş, O., & Kızılcapan, O. (2020). Madde döngüleri ve çevre sorunları konusunda başarı testi geliştirme: Geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Kastamonu Education Journal*, 28(1), 36-51.
- Nitko, A. J., & Brookhart, S. M. (2014). *Educational assessment of students* (7th ed.). Pearson.
- Özkan, S., & Yedigaroğlu, M. (2020). Başarı testi geliştirme: Asit-baz başarı testi geçerlik ve güvenirlik araştırması. *Turkish Studies - Educational Sciences*, 15(2), 1141-1162.
- Özmen, H. (2004). Öğrencilerin kimyasal bağlar konusundaki bilgi düzeylerinin belirlenmesi ve kavramsal değişim metinlerinin etkililiği. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 4(2), 319-348.
- Pazar, Ş. D. ve Karamustafaoğlu, S. (2023). "Saf Madde ve Karışımlar" ünitesi başarı testi geliştirme: Geçerlik ve güvenirlik. *Anadolu Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (AUJEF)*, 7(2), 404-432.
- Sarı, A., & Çakır, Ç. Ş. (2024). Ortaokul 8. sınıf basınç ünitesine yönelik iki aşamalı kavram testi geliştirilmesi. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12(2), 305-338.
- Soylu, Ü. İ., Karamustafaoğlu, S. ve Karamustafaoğlu, O. (2020). 6. sınıf "madde ve ısı" ünitesi başarı testi geliştirme: Geçerlik ve güvenirlik. *Ihlara Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 271-293.

- Sweeder, R. D., Herrington, D. G., & Crandell, O. M. (2023). Chemistry Education Research at a Crossroads: Where Do We Need to Go Now? *Journal of Chemical Education*, 100(5), 1710-1715. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00091>
- Taber, K. S. (2001). Building the structural concepts of chemistry: Some considerations from educational research. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2(2), 123-158. <https://doi.org/10.1039/B1RP90014E>
- Treagust, D. F. (2007). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159-169. <https://doi.org/10.1080/0950069880100204>
- Üçüncü, G., & Sakiz, G. (2020). Başarı testi geliştirme süreci: İlkokul dördüncü sınıf maddeyi tanıyalım ünitesi örneği. *Kastamonu Education Journal*, 28(1), 82-94.
- Yurdugül, H. (2005). Ölçek geliştirme çalışmalarında kapsam geçerliği için kapsam geçerlik indekslerinin kullanılması. *XIV. Ulusal Eğitim Bilimleri Kongresi*, 1, 771-774.

EKLER

Ek-1: Başarı Testi

Saygıdeğer hocam,

Atatürk Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Kimya Eğitimi Bilim Dalı doktora öğrencisiyim. 9. sınıf öğrencilerine yönelik kimyasal somutlaştırma ile ilgili kazanımları içeren başarı testi geliştirmeye çalışıyorum. Bu kapsamda sizlerin görüş ve desteğine ihtiyaç duymaktayım. Aşağıda geliştirmeye çalıştığım test hakkında kısa tanıtıcı bilgi ve hazırladığım maddeler yer almaktadır. Zaman ayırıp görüşlerinizi belirtirseniz çok memnun olurum. Katkılarınız için şimdiden teşekkür ederim. Vereceğiniz cevaplar gizli tutulacak olup sadece araştırma amaçlı kullanılacaktır.

Dilek TEKE

Amaç: Bu çalışmada dokuzuncu sınıf kimya dersi konularında yer alan kimyasal somutlaştırma öğretiminde, öğrencilerin ihtiyaçlarına göre 3B öğretim teknolojileri ile materyal tasarlanması, uzmanların ve materyali kullanacak öğrencilerin görüşlerinin alınarak uygulanması ve değerlendirilmesi yapılacaktır.

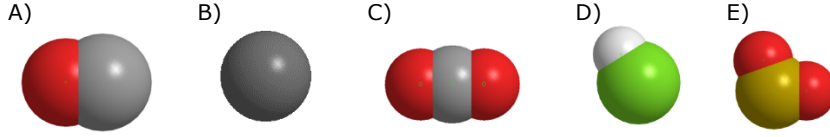
Sizlerden değerlendirme yaparken öncelikle hazırlanan soruların kazanımlarla ilgili olup olmadığını değerlendirmeniz, ikinci olarak da ilgili sorunun gerekli olup olmamasına yönelik bir değerlendirme yapmanızdır. Son olarak da ilgili sorunun içeriğinin bilimsel açıdan doğru olup olmadığının değerlendirilmesi yanında yazım, gösterim ve ifadelerin uygunlukları hakkındaki görüşlerinizi paylaşmanızı talep ediyorum. Öneri ve düzeltmelerinizi çıktı üzerinde ve aşağıdaki formda yazabilirsiniz.

Konu	Kazanımlar	Teste Yer Alan Sorular	Sorunun İlgili Kazanıma Uygunluğu		Maddenin kullanılıp kullanılmayacağına yönelik görüşünüz			
			Evet	Hayır	Gerekli	Gereksiz	Gerekli fakat düzeltilmeli	Lütfen varsa düzeltme önerinizi bu sütuna ya da soru üzerine yazınız.
Kimyasal Türleri Tanıyalım	9.3.1.1. Kimyasal türleri açıkla (Radikal kavramına girilmez).	Soru 1	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 2	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 3	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 4	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 5	☐	☐	☐	☐	☐	
Güçlü Etkileşimler	9.3.3.1. İyonik bağın oluşumunu iyonlar arası etkileşimler ile ilişkilendirir.	Soru 6	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 7	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 8	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 9	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 10	☐	☐	☐	☐	☐	
	9.3.3.3. Kovalent bağın oluşumunu atomlar arası elektron ortaklaşması temelinde açıkla.	Soru 11	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 12	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 13	☐	☐	☐	☐	☐	

	9.3.3.5. Metalik bağın oluşumunu açıklar.	Soru 14	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 15	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 16	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 17	☐	☐	☐	☐	☐	
Zayıf Etkileşimler	9.3.4.2. Kimyasal türler arasındaki zayıf etkileşimleri sınıflandırır.	Soru 18	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 19	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 20	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 21	☐	☐	☐	☐	☐	
	9.3.4.3. Hidrojen bağları ile maddelerin fiziksel özellikleri arasında ilişki kurar.	Soru 22	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 23	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 24	☐	☐	☐	☐	☐	
Fiziksel ve Kimyasal Değişimler	9.3.5.1. Fiziksel ve kimyasal değişimi, kopan ve oluşan bağ enerjilerinin büyüklüğü temelinde ayırt eder.	Soru 25	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 26	☐	☐	☐	☐	☐	
		Soru 27	☐	☐	☐	☐	☐	

KİMYASAL TÜRLER VE TÜRLER ARASI ETKİLEŞİMLER BAŞARI TESTİ

Soru 1: Aşağıdakilerden hangisinin türü diğerlerinden farklıdır?



Soru 2: Aşağıdaki türlerden hangisinin sınıfı doğru olarak verilmiştir?

	He	Na ⁺	CO ₂
A)	Atom	İyon	Molekül
B)	İyon	Atom	Molekül
C)	Molekül	Atom	İyon
D)	Atom	Molekül	İyon
E)	İyon	Molekül	Atom

Soru 3:



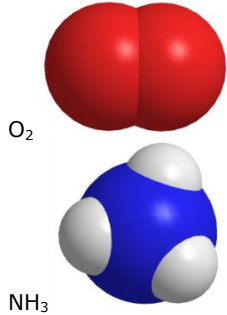
Yukardaki maddelerden hangilerinin kimyasal türü (en küçük yapı taşı) moleküldür?

- A) Yalnız I
B) Yalnız II
C) Yalnız III
D) I ve II
E) II ve III

Soru 4:

- I. Her ikisi de kimyasal tür olarak aynı türdendir.
II. O₂ ve NH₃ diatomik moleküllerdir.
III. O₂ element, NH₃ bileşiktir.

Yandaki tanecikler ile ilgili hangileri doğrudur?



- A) Yalnız I
B) I ve II
C) I ve III
D) II ve III
E) I, II ve III



Soru 5: Oda koşullarında saf su bulunan bardağa m gram yemek tuzu (NaCl) ilave ediliyor. 2.durumda tuz suda tamamen çözünüyor.

- I. Tuz ilave edilmeden önce bardakta moleküller vardır.
II. Tuz ilavesinden sonra ortamda sadece iyonlar vardır.
III. Tuzlu su çözeltisinde hem iyonlar hem de moleküller vardır.

İfadelerinden hangileri doğrudur.

- A) Yalnız I B) I ve II C) II ve III D) I ve III E) I, II ve III

Soru 6: ⁸O atomu aşağıdaki taneciklerden hangileri ile iyonik bağlı bileşik oluşturur?

- I. 1 tane ¹⁷Cl atomuyla
II. 2 tane ¹¹Na atomuyla
III. 1 tane ²⁰Ca atomuyla oluşturur.

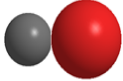
- A) Yalnız III B) II ve III C) I ve III D) I ve II E) I, II ve III

Soru 7: $_{17}\text{X}$ atomu aşağıdaki hangi element ile iyonik bağ yapar?

- A) $_{7}\text{N}$ B) $_{8}\text{O}$ C) $_{9}\text{F}$ D) $_{10}\text{Ne}$ E) $_{11}\text{Na}$

Soru 8:

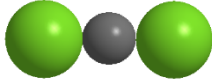
I. Lewis yapısı: $\text{Ca}^{2+}[:\text{O}:]^{2-}$ $_{20}\text{Ca}$ ve $_{8}\text{O}$ atomları ile ilgili hangileri doğrudur?

- II. 3B yapısı:  A) Yalnız I B) I ve II
C) II ve III D) I ve III
E) I, II ve III

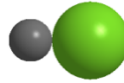
III. İyonik bağ yapar.

Soru 9:

I. 3B model Bileşik II. 3B model Bileşik

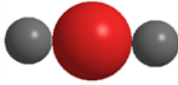


CaCl



NaCl

III.



Na_2O

IV.



CaO

Yukarıda verilen iyonik bağlı bileşiklere ait 3B modellerden hangileri doğrudur? ($_{8}\text{O}$, $_{11}\text{Na}$, $_{17}\text{Cl}$, $_{20}\text{Ca}$)

- A) Yalnız II B) I, II ve III C) II ve III D) I ve III E) II, III ve IV

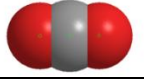
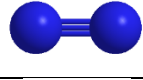
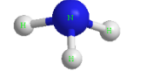
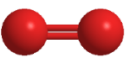
Soru 10: Na_2O bileşiği ile ilgili;

- I. 3B gösterimi 
II. Na atomu iki elektron vermiştir.
III. Oksijen atomu bir elektron almıştır.

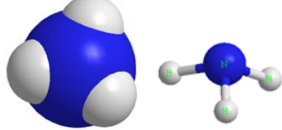
Verilenlerden hangisi/ hangileri **yanlıştır**? ($_{8}\text{O}$, $_{11}\text{Na}$)

- A) Yalnız I B) II ve III C) I ve III D) Yalnız III E) I, II ve III

Soru 11: Aşağıda yer alan elektron ortaklaşması sonucu oluşan kovalent bağlı bileşiklerin atomlar arası bağ türlerini yazınız.

Molekül	Atomlar arası bağ türü	Molekül	Atomlar arası bağ türü
			
			
			
			

Soru 12:

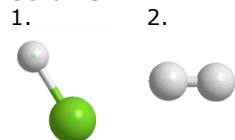


- I. Üç tane polar kovalent bağ içerir.
II. Kapalı formülü NH_3 'dür.
III. N atomunun üç elektronunu ortak kullanmıştır.

3B modeller ile ilgili hangileri doğrudur? (Mavi renk: N, Beyaz renk: H)

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I, II ve III E) II ve III

Soru 13:

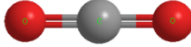
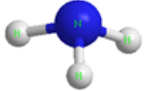
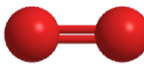
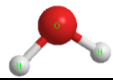


- I. 1. molekülde atomlar arası apolar kovalent bağ vardır.
II. 2. molekülde atomlar arası apolar kovalent bağ vardır.
III. Her iki molekülde de elektronlar ortaklaşa kullanılmıştır.

Yanda gösterilen 3B modelleri ile ilgili yukarıdakilerden hangileri doğrudur?

- A) II ve III B) Yalnız II C) Yalnız III D) I, II ve III E) I ve III

Soru 14: Aşağıda verilen moleküllerin 3B modellerine göre ortak kullanılmış ve ortak **kullanılmamış** elektron (e^-) sayılarını örnekte gösterildiği gibi yazınız.

MOLEKÜL	Ortak kullanılmış e^- sayısı	Ortak kullanılmamış e^- sayısı	Molekül türü
	8 elektron	8 elektron	Apolar
			
			
			
			

Soru 15:



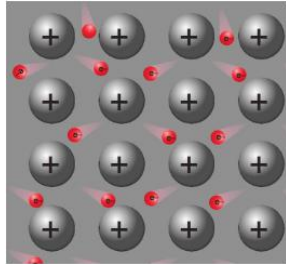
- Altın atomları arasında metalik bağ oluşur.
 - Altın atomları ve serbest olan değerlik elektronları arasında elektrostatik çekim kuvveti oluşur.
 - Metalik bağ oluşumu sonrasında elektriği iletmez.
- Altını oluşturan atomlar ile ilgili yukarıda verilen bilgilerden hangileri doğrudur?
 A) I ve II B) Yalnız II C) Yalnız III D) I, II ve III E) I ve III

Soru 16: Aşağıdaki maddelerden hangisinde metalik bağ bulunmaz?

- A) Gümüş yüzük B) Bakır tel C) Altın D) Tahta dolap E) Alüminyum radyatör



Soru 17:



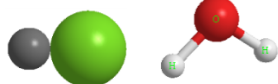
- İyonik bağ oluşumu ile ilgilidir.
- Metalik bağ oluşumu ile ilgilidir.
- Değerlik elektronlar serbest hâlde hareket ederler.

Yandaki model ile ilgili olarak hangileri doğrudur?

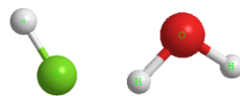
- A) I ve II B) Yalnız II C) Yalnız III D) I, II ve III E) II ve III

Soru 19:

1. NaCl- H_2O



2. HCl- H_2O



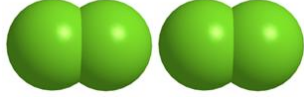
- Her iki tanecik çifti birbiri içinde çözünebilir.
1. tanecik çifti arasında iyon-dipol etkileşimleri oluşur.
2. tanecik çifti arasında kimyasal bağ oluşur.

Yukardaki molekül çiftleri ile ilgili hangileri doğrudur?

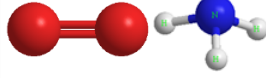
- A) I ve II B) Yalnız II C) Yalnız III D) I, II ve III E) II ve III

Soru 20:

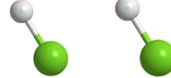
1. F_2-F_2



2. O_2-NH_3



3. $HCl-HCl$



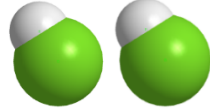
- I. Durum 1 de moleküller arası etkileşim london etkileşimidir.
II. Durum 2 de moleküller arası etkileşim dipol-dipol etkileşimidir.
III. Durum 3 de moleküller arası etkileşim dipol-dipol etkileşimidir.

Yargılarından hangileri doğrudur?

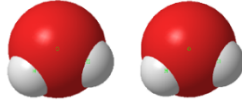
- A) Yalnız II B) Yalnız III C) I ve III D) I, II ve III E) II ve III

Soru 21:

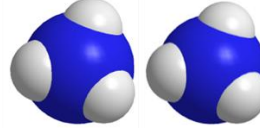
I. $HF-HF$



II. H_2O-H_2O



III. NH_3-NH_3

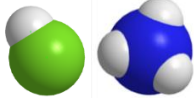


Yukarıda verilen tanecik çiftlerinin arasında oluşan zayıf etkileşim türü hangilerinde aynıdır?

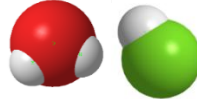
- A) Yalnız II B) Yalnız III C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

Soru 22: Aşağıda verilen tanecik çiftlerinin fiziksel özellikleri değişirken hangisinde hidrojen bağı **oluşmaz** veya **kopmaz**?

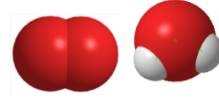
A) Tanecik çifti
 $HF-NH_3$



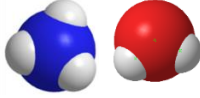
B) Tanecik çifti
 $HF-H_2O$



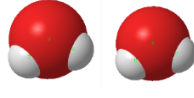
C) Tanecik çifti
 O_2-H_2O



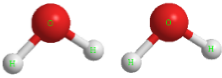
D) Tanecik çifti
 NH_3-H_2O



E) Tanecik çifti
 H_2O-H_2O



Soru 23:



- I. Moleküller arası hidrojen bağlarının oluşması
II. Moleküller arasında hidrojen bağlarının kopması
III. Atomlar arasında polar kovalent bağın kopması

Yukarıda yer alan su molekülleri ile ilgili yargılardan hangileri fiziksel özeliğini değiştirir?

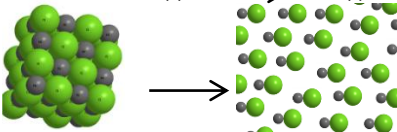
- A) Yalnız II B) Yalnız III C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

Soru 24: Aşağıda verilen moleküller arasında meydana gelen hangi zayıf etkileşim türünü oluşturur?

Tanecikler	Zayıf etkileşim türü
Azot gazının sıvılaşması (Yoğunlaşması)	
Kalsiyum klorürün suda çözünmesi	
Amonyakın suda çözünmesi	
Argon atomunun yoğunlaşması	
Hidrojen florürün suda çözünmesi	

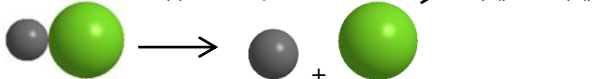
Soru 25:

Durum 1: $NaCl_{(k)}$



$\longrightarrow NaCl_{(s)}$

Durum 2: $NaCl_{(k)} + 787\text{kJ/mol}$



$\longrightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

- I. Durum 1'de yemek tuzu ($NaCl$) kimyasal özeliğini kaybetmemiştir.

II. Durum 1 ve 2' de fiziksel değişim olmuştur.

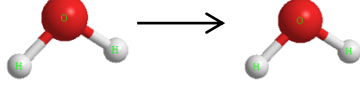
III. Durum 2'de iyonlarına ayrılan NaCl -H₂O ile iyon-dipol etkileşmesi yapmıştır.

Yukarıda verilen tepkimelerle ilgili ifadelerden hangileri doğrudur?

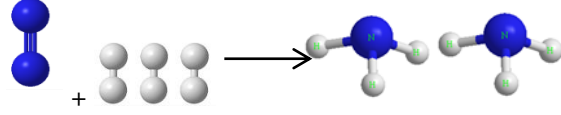
A) Yalnız II B) Yalnız III C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

Soru 26:

Durum 1: H₂O_(s) + 33,9 kJ/mol → H₂O_(g)



Durum 2: N₂ + 3H₂ → 2NH₃ + 92,4 kJ/mol



I. Durum 1'de gerçekleşen değişim fizikseldir.

II. Durum 2'de gerçekleşen değişim kimyasaldır.

III. Durum 1'de oluşan H₂O ile durum 2'de oluşan NH₃ molekülleri aralarında hidrojen bağı oluşturur.

Yukarıda verilen tepkimelerle ilgili hangileri doğrudur?

A) Yalnız II B) Yalnız III C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

Soru 27: Aşağıdaki olayların hangisi fiziksel veya kimyasal değişimdir?

Tepkimeler	Değişim türü
$\text{NaCl}_{(k)} + 787 \text{ kJ/mol} \rightarrow \text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$ 	
$2\text{H}_2\text{O}_{(s)} + 286 \text{ kJ/mol} \rightarrow 2\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$ 	
$\text{H}_2\text{O}_{(s)} + 33,9 \text{ kJ/mol} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(g)}$ 	
$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3 + 92,4 \text{ kJ/mol}$ 	

