



- ” Фещук Ю., Мислінчук В. Реалізація міжпредметних зв'язків технологій та природничих дисциплін із використанням 3D моделювання. *Освіта. Інноватика. Практика*, 2024. Том 12, № 2. С. 72-78. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol12i2-011>
- Feshchuk Yu., Myslinchuk V. Realizatsiia mizhpredmetnykh zviazkiv tekhnolohii ta pryrodnych ykh dystsyplin iz vykorystanniam 3D modeliuvannia [Implementation of intersubject connections of technologies and natural disciplines using 3D modeling]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice*, 2024. Vol. 12, No 2. S. 72-78. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol12i2-011>

УДК 37:[331.53]:004.94

DOI: 10.31110/2616-650X-vol12i2-011

**Юрій ФЕЩУК**

Рівненський державний гуманітарний університет, Україна

<https://orcid.org/0000-0003-4890-0588>

yurii.feshchuk@rshu.edu.ua

**Володимир МИСЛІНЧУК**

Рівненський державний гуманітарний університет, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-7629-4215>

volodymyr.myslinchuk@rshu.edu.ua

### РЕАЛІЗАЦІЯ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ 3D МОДЕЛЮВАННЯ

**Анотація.** На підставі теоретико-емпіричних досліджень визначено, що інтеграція навчання технологій та природничих дисциплін має ряд важливих переваг, підтримує збалансований та цілеспрямований підхід до освітнього процесу. Встановлено, що реалізація міжпредметних зв'язків з цих предметів сприяє: організації більш реалістичного та практичного навчання; розвитку критичного мислення учнів; розширенню знань у декількох областях; стимулюванню інтересу до навчання. У статті робиться акцент на 3D моделювання в процесі виготовлення фізичних (астрономічних) приладів під час проектної діяльності учнів на заняттях технологій (навчальний модуль «Комп'ютерне проектування»). Наводиться приклад виконання учнями творчого проекту «Комп'ютерне проектування сонячного годинника». Пропонується така послідовність виконання етапів проектної діяльності: визначення теми та завдань проекту; аналіз об'єкта проектування; пошук інформації; актуальної для проекту; вибір системи автоматизованого проектування; 3D моделювання; 3D друк; тестування виробу; презентація проекту; висновок. Встановлено, що крім моделювання та виготовлення фізичних (астрономічних) приладів, доцільно використовувати також інші варіанти інтеграції технологій і фізики: візуалізація та дослідження фізичних явищ (рух, сили, електромагнетизм та інші); створення 3D моделей об'єктів, які дозволяють учням вивчати та експериментувати з фізичними законами; створення та вдосконалення технічних пристроїв або механізмів, які можна було б вивчати в рамках обох дисциплін; створення та аналіз електричних схем, вивчення основних компонентів електричних схем, з'єднання та взаємодії між ними; створення симуляцій теплових процесів, таких як теплопередача чи розширення речовин: спостереження та аналіз теплових явищ у віртуальному середовищі. Перспективи подальшої роботи полягають у розробці методичних рекомендацій щодо створення 3D моделей планет сонячної системи та інших астрономічних об'єктів, для ілюстрації фізичних законів, які діють в космосі.

**Ключові слова:** міжпредметні зв'язки; фізика; технології; 3D моделювання.

**Yurii FESHCHUK**

Rivne State University for the Humanities, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-4890-0588>

yurii.feshchuk@rshu.edu.ua

**Volodymyr MYSLINCHUK**

Rivne State University for the Humanities, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0003-4890-0588>

yurii.feshchuk@rshu.edu.ua

### IMPLEMENTATION OF INTERSUBJECT CONNECTIONS OF TECHNOLOGIES AND NATURAL DISCIPLINES USING 3D MODELING

**Abstract.** Based on theoretical and empirical studies, it was determined that the integration of learning technologies and natural sciences has a number of important advantages, supports a balanced and purposeful approach to the educational process. It was established that the implementation of intersubject connections in these subjects contributes to: the organization of more realistic and practical education; development of students' critical thinking; expanding knowledge in several areas; stimulating interest in learning. The article focuses on 3D modeling in the process of manufacturing physical (astronomical) devices during the design activity of students in technology classes (educational module "Computer Design"). An example of students' implementation of the creative project "Computer design of a sundial" is given. The following sequence of stages of project activity is proposed: definition of the topic and tasks of the project; analysis of the design object; information search; relevant for the project; selection of an automated design system; 3D modeling; 3D printing; product testing; project presentation; conclusion. It has been established that, in addition to modeling and manufacturing of physical (astronomical) devices, it is also advisable to use other options for the integration of technologies and physics: visualization and research of physical phenomena (motion, forces, electromagnetism, and others); creating 3D models of objects that allow students to study and experiment with physical laws; creation and improvement of technical devices or mechanisms that could be studied within both disciplines; creation and analysis of electrical circuits, study of the main components of electrical circuits, connections and interactions between them; creation of simulations of thermal processes, such as heat transfer or expansion of substances: observation and analysis of thermal phenomena in a virtual environment. Prospects

for further work consist in the development of methodological recommendations for the creation of 3D models of the planets of the solar system and other astronomical objects, to illustrate the physical laws that operate in space.

**Keywords:** interdisciplinary connections; physics; technologies; 3D modeling.

**Вступ.** Однією з цілей повної загальної середньої освіти є всебічний розвиток, виховання і соціалізація особистості, яка здатна до життя в суспільстві та цивілізованій взаємодії з природою [5]. У зв'язку з чим виникає потреба корінних перетворень у навчанні учнів закладів загальної середньої освіти (ЗЗСО). Стало очевидним, що освітній процес має орієнтуватися не тільки на підготовку випускника, який володіє високим рівнем ключових компетентностей, а й на формування особистості, що має високий рівень соціальної активності, сучасний науковий рівень знань, науковий світогляд, діалектичне мислення, гнучкість та адаптабельність практичної підготовки. Вирішення поставлених завдань пов'язане з реалізацією міжпредметної інтеграції на матеріалі різних навчальних предметів ЗЗСО, зокрема на заняттях технологій у 10-11 класах.

Підвищення рівня технологічної підготовки учнів ЗЗСО постійно досліджується у наукових працях фахівців освітньої галузі. Над різними аспектами цієї проблеми займалися такі науковці, як В. Андріяшин, А. Вихрущ, А. Дьомін, М. Корець, В. Курок, Г. Левченко, В. Мадзігон, В. Сидоренко, В. Стешенко, Г. Терещук, Д. Тхоржевський та ін. Загальні положення методики навчання фізики та астрономії наведені в працях М. Садового, О. Сергієнка, В. Вовкотруба, О. Бугайова, Є. Коршака, В. Савченка, І. Крячко та інших.

Сучасні підходи щодо реалізації міжпредметних зв'язків на уроках трудового навчання (технологій) та фізики розкриті в працях О. Баранова (проаналізовано наступність трудового навчання і фізики як фактор здійснення міжпредметних зв'язків) [2], О. Войтович (розглянуто можливості міжпредметних зв'язків фізики та сучасних комп'ютерних технологій у формуванні творчих здібностей учнів на основі застосування методу проектів) [3] та ряду інших науковців. Водночас багато аспектів проблеми реалізації міжпредметних зв'язків технологій та природничих дисциплін на сьогодні залишаються не вивченими, зокрема, це стосується використанням у цьому процесі можливостей 3D моделювання.

Технології 3D моделювання – це процес створення тривимірних об'єктів та сцен, які можуть бути візуалізовані та використані в різних галузях [6]. На думку, І. Годорожі, А. Стьопкіна та Т. Турка, використання програм 3D моделювання на уроках трудового навчання дозволяє зменшити час розв'язання поставлених задач, організувати необхідний рівень візуалізації та спростити процес побудови моделі майбутнього виробу [4].

3D моделювання знайшло широке застосування в навчальному процесі, зокрема в технологічній освітній галузі. Так, оновлена програма предмету «Технології» (10-11 клас) [9] містить навчальний модуль «Комп'ютерне проектування». Опанувавши цей модуль, учні дізнаються про можливості та застосування автоматичного проектування різноманітних об'єктів, зможуть здійснити добір комп'ютерних програм для створення власного проекту та виконання графічних зображень виробів [10].

Отже, актуальність проблеми реалізації міжпредметних зв'язків технологій та фізики обумовлені стрімким впровадженням 3D моделювання у різні сфери людської діяльності, їх широкими можливостями, які стають все більше затребуваними в сучасному суспільстві.

**Мета та завдання.** Метою статті є висвітлення ролі та місця 3D моделювання в процесі реалізації міжпредметних зв'язків технологій та фізики у ЗЗСО. Основні завдання: охарактеризувати зміст та навести приклад практичного застосування 3D моделювання в процесі реалізації міжпредметних зв'язків технологій та фізики.

**Методи.** Для досягнення мети дослідження й вирішення поставлених завдань було використано низку методів наукового пошуку, а саме: *теоретичні* – аналіз навчально-методичної літератури; вивчення наукових публікацій згідно тематики дослідження; систематизація та узагальнення інформації; вивчення нормативної документації щодо організації освітнього процесу в ЗЗСО; *візуальні та практичні*: представлення елементів об'єкту у вигляді тривимірних зображень для максимальної зручності їх розуміння; надання матеріальної форми досліджуваному об'єкту; здійснення розрахункової та моделюючої складової з використанням спеціалізованого програмного забезпечення та мобільних застосунків.

**Результати.** Міжпредметні зв'язки відображають міжнаукову інтеграцію у змісті та методах навчання, сприяють більш повному пізнанню учнями єдності світу, сприяють поглибленому розумінню законів природи, формуванню світогляду, розвитку діалектичного інтегративного мислення та формуванню умінь. Без цих інтелектуальних здібностей неможливе ні творче ставлення до праці, ні вирішення сучасних практичних завдань. Вони потребують синтезу знань учнів із різних предметних областей. Використання міжпредметних зв'язків дозволяє логічніше обґрунтовувати послідовність вивчення навчальних дисциплін, структуру навчального плану, зміст програм,

навчальних посібників. Все це забезпечує раціоналізацію навчального процесу, дозволяє знизити навантаження учнів [7].

До ключових компетентностей учнів ЗЗСО належать основні компетентності у природничих науках і технологіях [5]. Формування цих компетентностей може допомогти учням, зокрема, краще зрозуміти практичні застосування фізичних принципів у виробництві та технічних процесах.

Технології та фізика мають ряд зв'язків:

- 1) фізика може надати базові знання про механіку, сили та рух, що є важливими для розуміння принципів функціонування механізмів та робототехніки в технологіях;
- 2) розуміння фізичних принципів енергії може бути корисним під час вивчення електричних систем, силових установок та інших елементів, пов'язаних з енергетикою в технологіях;
- 3) фізика допомагає в розумінні властивостей матеріалів, які важливі для виробництва та обробки матеріалів у технологіях;
- 4) вивчення фізики електромагнетизму та електрики може бути корисним для розуміння принципів роботи електронних пристроїв та електроніки в технологіях;
- 5) розуміння основ теплообміну та термодинаміки може бути корисним при вивченні процесів обробки матеріалів та виробництва;
- 6) знання фізики, зокрема сил та руху, може бути важливим для вивчення та реалізації правил безпеки в робочих умовах.

У нашому дослідженні акцентована увага на процесі виготовлення фізичних (астрономічних) приладів у процесі проектної діяльності учнів на заняттях технологій (навчальний модуль «Комп'ютерне проектування»).

Метою навчального модуля «Комп'ютерне проектування» є: отримання базових знань та навичок в галузі комп'ютерного проектування; розвиток технічних навичок, таких як маніпулювання програмами для 3D моделювання, комп'ютерної анімації, віртуальної реальності тощо; творчий розвиток через створення власних проектів та вираження своїх ідей у віртуальній або реальній формі; підготовка учнів до застосування отриманих навичок у реальних проектах, таких як розробка технічних пристроїв, створення архітектурних проектів, виготовлення деталей для 3D друку тощо; розвиток аналітичного мислення учнів через розуміння принципів роботи програм та вибору оптимальних рішень; розвиток навичок командної роботи, оскільки багато проектів у сфері комп'ютерного проектування вимагає співпраці для досягнення спільних цілей; освіта у сфері STEM (наука, технології, інженерія, математика), допомагаючи учням зрозуміти, як комп'ютерне проектування пов'язане з іншими областями знань [10].

На заняттях даного модуля учні мають можливість виконувати 3D моделі, а згодом і виготовляти (друкувати на 3D принтері) моделі елементів космічних апаратів, тіл Сонячної системи або інших екзопланетних систем, різноманітних астрономічних об'єктів у процесі навчання технологій.

Розглянемо процес реалізації міжпредметних зв'язків технологій та фізики у ЗЗСО на прикладі виконання учнями творчого проекту "Комп'ютерне проектування сонячного годинника".

1. Організаційно-пошуковий етап (визначення теми та завдань проекту; аналіз об'єкта проектування; пошук інформації, актуальної для проекту).

Сонячний годинник – пристрій для вимірювання часу за зміною довжини тіні від гномону та її руху по циферблату. Його будова ґрунтується на тому, що наше світило відкидає тінь від предметів та його шлях по небі є однаковим у ті самі дні різних років. Основні функції та призначення сонячного годинника: визначення справжнього сонячного часу; визначення географічної широти і довготи місцевості; використання в ролі декоративного елементу; вивчення руху Сонця та його відмінностей у різних частинах світу; використання для орієнтації в просторі; екологічна ефективність (не вимагає використання електроенергії або інших джерел, оскільки він працює за рахунок сонячного світла) [8].

На рис. 1 показано основні частини горизонтального сонячного годинника. Циферблат може мати довільну геометричну форму (у нашому випадку – це коло діаметром 200 мм, висота гномона ( $H$ ) мм. Розміри основи годинника обрано з урахуванням того, що він буде надрукований на 3D принтері *Ero3d+*, габаритний майданчик для друку якого має розміри 200x200x200 мм.

Під час вимірювання часу у північній півкулі горизонтальний сонячний годинник встановлюється на плоскій поверхні так, щоб кінчик гномона був спрямований на справжню північ. Кут, який утворює гномон з циферблатом, повинен дорівнювати географічній широті місцевості, де проводиться вимірювання. Зазвичай, при побудові великих сучасних декоративних годинників для візуальної ефективності на половину кута широти нахиляють циферблат і на половину кута нахиляють гномон. Географічна широта – величина дуги паралелі в градусах від екватора до даної точки. Наведені нижче розрахунки передбачають використання сонячного годинника у м. Рівне (50°37'23" Пн. Ш.; 26°13'38" Сх. Д.). Використовуючи *Google Maps*, можна легко знайти географічні координати будь-якого місця на нашій планеті, зробивши клік правою кнопкою миші місця або області

на карті. Якщо кут встановлено правильно, а кінчик гномона спрямований на справжню північ (північної півкулі), то більша сторона гномона стає паралельною осі обертання Землі.

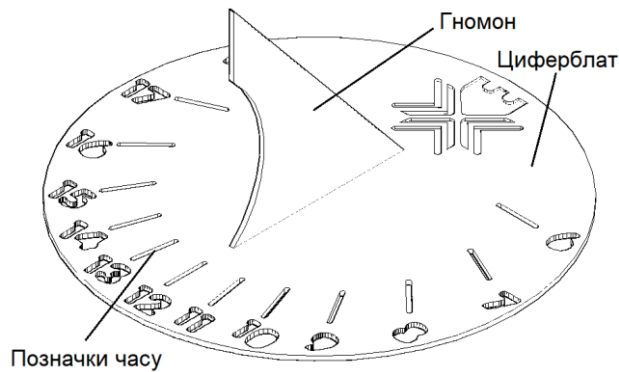


Рис. 1. Основні частини горизонтального сонячного годинника

Перед тим, як виконувати 3D моделювання сонячного годинника, слід визначити, якої висоти має бути гномон, оскільки від цього залежить не лише наскільки довгою буде тінь, а й візуально-естетичні характеристики приладу. Для невеликої висоти гномона може бути зазначена і календарна дата. На рис. 2 показано горизонтальний шаблон сонячного годинника, створений за допомогою програмного забезпечення *Shadows* [11]. Географічна широта сонячного годинника становить 50,62 градуси пн. ш.

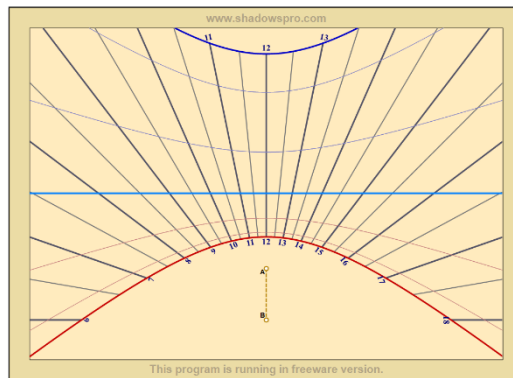


Рис. 2. Горизонтальний шаблон сонячного годинника, створений за допомогою програмного забезпечення *Shadows*

Як видно із шаблону, кінець тіні від гномону для різних календарних дат протягом року буде "рухатись" вздовж різних умовних ліній (21-22 грудня вздовж лінії зимового сонцестояння; 21-22 червня – вздовж лінії літнього сонцестояння; 19-21 березня та 22-23 вересня вздовж лінії рівнодення). Даний факт обумовлений зміною висоти Сонця над горизонтом протягом року. Вважаючи розміри циферблату рівними максимально можливим розмірам габаритного майданчику 3D принтеру *Ero3d+*, актуальною залишається проблема рекомендованої висоти гномону ( $H$ ), під якою будемо розуміти відстань кінця гномону годинника від основи циферблату.

Для початку розглянемо, яким чином змінюється довжина тіні від гномону протягом року (рис. 3). За формулами (1) обчислимо максимальну (червень) та мінімальну (грудень) висоту Сонця над горизонтом (у справжній полудень) для широти м. Рівне ( $\varphi = 50^{\circ}, 62$ ).

$$\begin{aligned} h_{max} &= 90^{\circ} - \varphi^{\circ} + \delta_1^{\circ} \\ h_{min} &= 90^{\circ} - \varphi^{\circ} + \delta_2^{\circ} \end{aligned} \quad (1)$$

де  $\delta_1^{\circ}$ ,  $\delta_2^{\circ}$  – схилення Сонця для 21 червня та 21 грудня відповідно. Дані значення для конкретного календарного року беруться із змінної частини астрономічного календаря (наприклад,  $\delta_1^{\circ} = +23^{\circ}26', 2$ ;  $\delta_2^{\circ} = -23^{\circ}26', 1$  [11]). Отже для м. Рівне висота Сонця у момент верхньої кульмінації протягом року буде змінюватися від  $h_{min} = 15^{\circ}56', 8$  до  $h_{max} = 62^{\circ}10', 8$ . Відповідно довжина тіні від гномону, залежачи від його висоти  $H$ , протягом року також змінюється у широких межах від  $x_1$  у червні до  $x_2$  у грудні (формула 2).

$$x_1 = \left( \frac{H}{\operatorname{tg}\varphi} + \frac{H}{\operatorname{tg}h_{\max}} \right)$$

$$x_2 = \left( \frac{H}{\operatorname{tg}\varphi} + \frac{H}{\operatorname{tg}h_{\min}} \right) \tag{2}$$

Наприклад, для висоти гномону  $H = 10$  см. становить  $x_1 = 13,55$  см.,  $x_2 = 43,25$  см. При цьому розуміємо, що це буде довжина тіні, відкладена від центру годинника у напрямку півночі.

Таким чином сумуючи фактори, які визначають побудову 3D моделі сонячного годинника: 1) межі габаритного майданчику для друку 3D принтеру; 2) візуально-естетичний вигляд приладу; 3) розроблений шаблон із відображенням руху кінця тіні гномону, приходимо до висновку необхідності пошуку компромісу між функціональною точністю відліку часу та естетично пропорційним виглядом складових частин приладу. Дану суперечність розв'яжемо шляхом підбору довжини гномону, згідно формул (2), так, щоб у будь-яку пору року тінь від нього покривала не менше  $\frac{3}{4}$  північної частини циферблату ( $H \approx 60$  мм.). Це відповідає довжині похилої частини гномону  $L \approx H \cdot \sin\varphi \approx 80$  мм. Зрозуміло, що частина ліній руху кінця тіні гномону для деяких календарних дат буде проходити за межами приладу, тому при моделюванні основи відображати їх не будемо взагалі.

Наступне завдання, яке потребує вирішення при побудові 3D моделі горизонтального сонячного годинника полягає в тому, що годинні позначки на його основі розташовані не рівномірно. Визначення їх градації і проведення розмітки можна здійснити одним із трьох способів: 1) способом візуальних спостережень; 2) способом геометричних побудов; 3) тригонометричний спосіб (може бути реалізований з використанням калькулятора кута тіні: <https://www.anycalculator.com/horizontalsundial.htm>). Дані для побудови шкали горизонтального сонячного годинника для широти м. Рівне ( $\varphi = 50^\circ, 62$ ) наведено у таблиці 1. Слід зауважити, що калькулятор дозволяє визначити кути побудови годинної шкали з кроком у 15 хвилин. При цьому для інтервалів часу від  $6^h$  до  $12^h$  у таблиці 1 чи калькуляторі кута тіні наведені значення кутів між напрямками центр годинника-північ і центр годинника-позначка відкладається проти стрілки годинника (механічного), а для інтервалів часу від  $12^h$  до  $18^h$  - за стрілкою годинника.

Таблиця 1.

Дані розрахунку кутів між годинними позначками з використанням калькулятора кута тіні

Години сонячного годинника	Кут	Години сонячного годинника	Кут
$12^h$	$0^\circ$	$8^h$ та $16^h$	$58^\circ, 62$
$11^h$ та $13^h$	$13^\circ, 31$	$7^h$ та $17^h$	$73^\circ, 12$
$10^h$ та $14^h$	$27^\circ, 01$	$6^h$ та $18^h$	$90^\circ$
$9^h$ та $15^h$	$41^\circ, 44$		

Зауважимо, що сонячний годинник може проводити відлік часу протягом половини доби, отже активною буде лише  $\frac{1}{2}$  частина його основи. Логічним вважаємо можливість зміщення на деяку відстань точки кріплення гномону вздовж полуденної лінії в сторону півдня. Дані маніпуляції збільшать активну частину основи годинника пропорційно зміщенню точки кріплення гномону, що в свою чергу знову ж таки вимагає коригування його висоти. Рекомендована нами товщина циферблату та гномона - 3 мм.

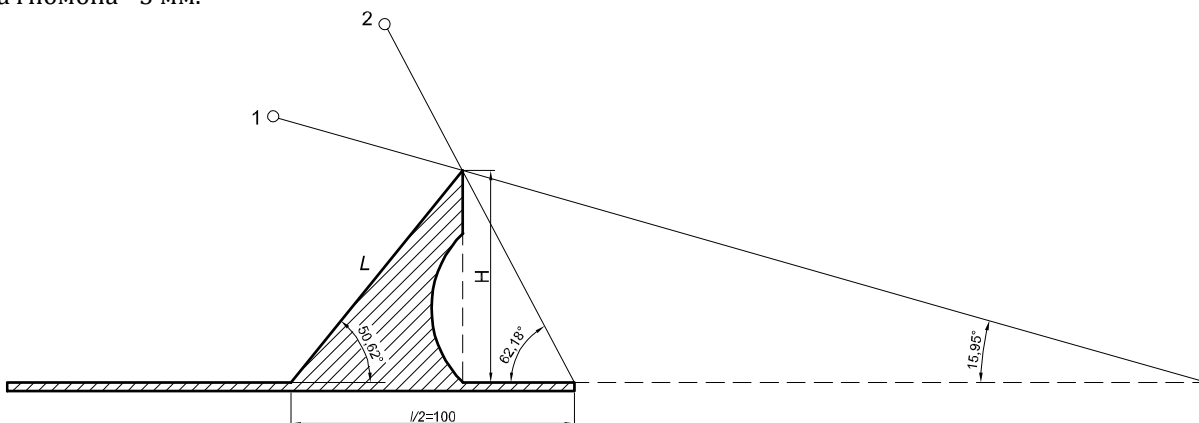


Рис. 3. Розрахунок кутів між часовими позначками з використанням калькулятор кута тіні

II. Конструкторсько-технологічний етап (вибір системи автоматизованого проектування; 3D моделювання; 3D друк).

Провівши необхідні розрахунки, можна створити тривимірну модель горизонтального сонячного годинника в одній з програм автоматизованого проектування. У нашому випадку – це AutoCAD. Дана програма є однією з найпоширеніших та найбільш використовуваних програм для

комп'ютерного проектування, має численні переваги, що зумовлюють її популярність серед інженерів, архітекторів, дизайнерів та інших професіоналів [5].

На конструкторсько-технологічному етапі виконується розробка макету фізичного об'єкту у тривимірній формі. Об'єкт, складається з 2 частин (циферблат та гномон). Дані елементи створюються в програмі *AutoCAD* методом "витиснення" плоских контурів на потрібну відстань з наступним переміщенням у попередньо визначене положення [6]. Аналогічним чином формуються годинні позначки (від  $6^h$  до  $18^h$ ) та логотип м. Рівне у верхній частині годинника. Для формування отворів (вирізів) та об'єднання 2 частин годинника в один об'єкт використовуємо булеві операції: вирахувати та об'єднати. Результат 3D моделювання сонячного годинника показано на рис. 4.

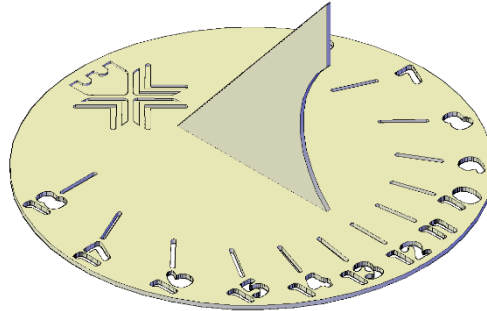


Рис. 4. Тривимірна модель горизонтального сонячного годинника створена в САПР AutoCAD

Після створення електронної моделі горизонтального сонячного годинника її імпортують у формат із розширенням *\*.stl*. Це той тип файлів, який найчастіше використовується для 3D друку. Для виготовлення сонячного годинника на 3D принтері буде використано *PETG* пластик. Друк з використанням *PETG* має свої переваги.

1. *PETG* вирізняється високою міцністю, що робить його ідеальним вибором для широкого спектра застосувань. Завдяки додаванню гліколю усувається така характеристика пластику як крихкість, що запобігає його кристалізації та руйнуванню.

2. *PETG* має високу ударостійкість, тобто його можна використовувати для друку об'єктів, що піддаватимуться механічним навантаженням. Його твердість визначається специфікою прилягання одного шару до іншого. Крім того *PETG* не вбирає вологу, що також підвищує його міцність.

3. Друк з *PETG* має низький рівень усадки. Це гарантує, що вихідні розміри залишаться незмінними, що робить його оптимальним для великих 3D моделей, які складаються з кількох елементів.

4. Матеріал надзвичайно стійкий до хімічних речовин, його можна легко стерилізувати.

5. Матеріал може бути легко перероблений, що робить ПЕТГ екологічно чистим.

III. Завершальний етап (тестування виробу; презентація проекту; висновок).

Перевірка роботи сонячного годинника може відбуватися за допомогою декількох етапів:

– сонячний годинник найточніше покаже час, коли гномон (вертикальний стрижень годинника) спрямований вздовж лінії північ-південь;

– коли тінь гномона є найкоротшою, вона буде вказувати, приблизно, на 12 годину дня;

– порівняти покази сонячного годинника з реальним часом, який можна отримати зі стандартного годинника або мобільного телефону, пояснити результати порівняння.

Слід мати на увазі, що сонячний годинник дає найбільш точні та помітні результати лише при ясному сонячному дні, коли сонце яскраво освітлює гномон. Врахування географічних координат та правильне калібрування годинника для конкретної місцевості є обов'язковим. Погані атмосферні умови та природні явища, низьке положення Сонця над горизонтом можуть негативно впливати на точність годинника.

Отже, ми поєднали 3D моделювання з виробництвом реального прототипу технічного об'єкту, на прикладі горизонтального сонячного годинника. Учні спочатку проектують 3D модель годинника, його виготовляють, а згодом виконують тестування фізичного пристрою.

**Висновки.** Реалізація міжпредметних зв'язків між технологіями та фізикою з використанням 3D моделювання може бути дієвим та ефективним методом для вивчення низки дисциплін шкільного циклу. Крім моделювання та виготовлення фізичних (астрономічних) приладів, вважаємо за доцільне використовувати також інші варіанти інтеграції. А саме:

1) використання програми 3D моделювання для візуалізації та дослідження фізичних явищ, таких як рух, сили, електромагнетизм та інші;

2) створення 3D моделей об'єктів, які дозволяють учням вивчати та експериментувати з фізичними законами;

3) використання 3D моделювання для створення та вдосконалення технічних пристроїв або механізмів, які можна було б вивчати в рамках технологій та фізики;

4) використання програми 3D моделювання для створення та аналізу електричних схем: вивчення основних компонентів електричних схем, з'єднання та взаємодії між ними;

5) 3D моделювання для створення симуляцій теплових процесів, таких як теплопередача чи розширення речовин: спостереження та аналіз теплових явищ у віртуальному середовищі.

Інтеграція 3D моделювання в навчальний процес дозволяє учням більше зануритися у теми технологій та природничих дисциплін, розвиває їх творчі та аналітичні навички, а також надає можливість застосування теоретичних знань у практичних ситуаціях. Перспективи подальшої роботи полягають у розробці методичних рекомендацій щодо створення 3D моделей планет сонячної системи та інших астрономічних об'єктів, для ілюстрації фізичних законів, які діють у космосі.

### Список використаних джерел

1. Астрономічний календар. 2023 / ред. кол. А.П. Відьмаченко (гол. ред.) та ін.; ГАО НАН України. Київ: Академперіодика, 2022. 245 с. URL: <http://www.mao.kiev.ua/index.php/ua/vydannia/kalendaritem>.
2. Баранов О. Наступність трудового навчання і фізики як фактор здійснення міжпредметних зв'язків. Трудова підготовка в закладах освіти. 2001. № 3. С. 16-19.
3. Войтович О.П. Міжпредметні зв'язки у навчанні фізики як засіб розвитку творчих здібностей учнів основної школи: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02; Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. Київ, 2010. 20 с.
4. Годорожа І.В., Стопкін А.В., Турка Т.В. Використання засобів 3D моделювання на уроках трудового навчання. Духовність особистості: методологія, теорія і практика. 2016. Вип. 4. С. 33-39. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/domtp\\_2016\\_4\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/domtp_2016_4_7).
5. Закон України «Про освіту». URL: <https://osvita.ua/legislation/law/2231/>.
6. Козяр М.М., Фешук Ю.В. Комп'ютерна графіка: AutoCAD: навчальний посібник. Херсон: Олді-Плюс., 2020. 304 с.
7. Міжпредметні зв'язки в навчанні технологій. URL: [https://stud.com.ua/162240/pedagogika/mizhpredmetni\\_zvyazki\\_navchanni\\_tehnologiyi](https://stud.com.ua/162240/pedagogika/mizhpredmetni_zvyazki_navchanni_tehnologiyi).
8. Мохун С. В., Федчишин О. М. Астрономічні спостереження та методика проектування сонячного годинника. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. Кам'янець-Подільський, 2018. Вип. 24: STEM-інтеграція як важлива передумова управління результативністю та якістю фізичної освіти. С. 159-163.
9. Навчальна програма з технологій (рівень стандарту) для 10-11 класів загальноосвітніх навчальних закладів. URL: <http://osvita.ua/school/program-10-11/58969/>.
10. Технології (рівень стандарту): підруч. для 10 (11) кл. закл. загал. серед. освіти / І. Ю. Ходзицька, Н. І. Боринець, В. М. Гащак та інші. Харків: Вид-во «Ранок», 2019. 208 с.
11. Shadows. URL: <https://uk.software.org/apps/download-shadows-for-windows-me-os.html>.

### References

1. Astronomichnyi kalendar. 2023 / red. kol. A.P. Vidmachenko (hol. red.) ta in.; HAO NAN Ukrainy. Kyiv: Akadempriodyka, 2022. 245 s. URL: <http://www.mao.kiev.ua/index.php/ua/vydannia/kalendaritem>.
2. Baranov O. Nastupnist trudovoho navchannia i fizyky yak faktor zdiisnennia mizhpredmetnykh zviyazkiv. Trudova pidhotovka v zakladakh osvity. 2001. № 3. S. 16-19.
3. Voitovych O.P. Mizhpredmetni zviyazky u navchanni fizyky yak zasib rozvytku tvorchykh zdbnostei uchniv osnovnoi shkoly: avtoref. dys. ... kand. ped. nauk: 13.00.02; Nats. ped. un-t im. M. P. Drahomanova. Kyiv, 2010. 20 c.
4. Hodorozha I.V., Stopkin A.V., Turka T.V. Vykorystannia zasobiv 3D modeliuvannia na urokakh trudovoho navchannia. Dukhovnist osobystosti: metodolohiia, teoriia i praktyka. 2016. Vyp. 4. S. 33-39. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/domtp\\_2016\\_4\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/domtp_2016_4_7).
5. Zakon Ukrainy «Pro osvitu». URL: <https://osvita.ua/legislation/law/2231/>.
6. Koziar M.M., Feshchuk Yu.V. Kompiuterna hrafika: AutoCAD: navchalnyi posibnyk. Kherson: Oldi-Plius, 2020. 304 s.
7. Mizhpredmetni zviyazky v navchanni tekhnolohii. URL: [https://stud.com.ua/162240/pedagogika/mizhpredmetni\\_zvyazki\\_navchanni\\_tehnologiyi](https://stud.com.ua/162240/pedagogika/mizhpredmetni_zvyazki_navchanni_tehnologiyi).
8. Mokhun S.V., Fedchyshyn O.M. Astronomichni sposterzhennia ta metodyka proektuvannia soniachnoho hodynnyka. Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnogo universytetu imeni Ivana Ohiiienka. Seriiia pedahohichna. Kamianets-Podilskyi, 2018. Vyp. 24: STEM-intehratsiia yak vazhlyva peredumova upravlinnia rezultatyvnistiu ta yakistiu fizychnoi osvity. S. 159-163.
9. Navchalna prohrama z tekhnolohii (riven standartu) dlia 10-11 klasiv zahalnoosvitnikh navchalnykh zakladiv. URL: <http://osvita.ua/school/program-10-11/58969/>.
10. Tekhnolohii (riven standartu): pidruch. dlia 10 (11) kl. zakl. zahal. sered. osvity / I. Yu. Khodzytska, N. I. Borynets, V. M. Hashchak ta inshi. Kharkiv: Vyd-vo «Ranok», 2019. 208 s.
11. Shadows. URL: <https://uk.software.org/apps/download-shadows-for-windows-me-os.html>.