

ОЦІНКА КОСМОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ КВАЗАРІВ НА ЧЕРВОНИХ ЗМІЩЕННЯХ $2 < z < 5$



РОБОТУ ВИКОНАЛА

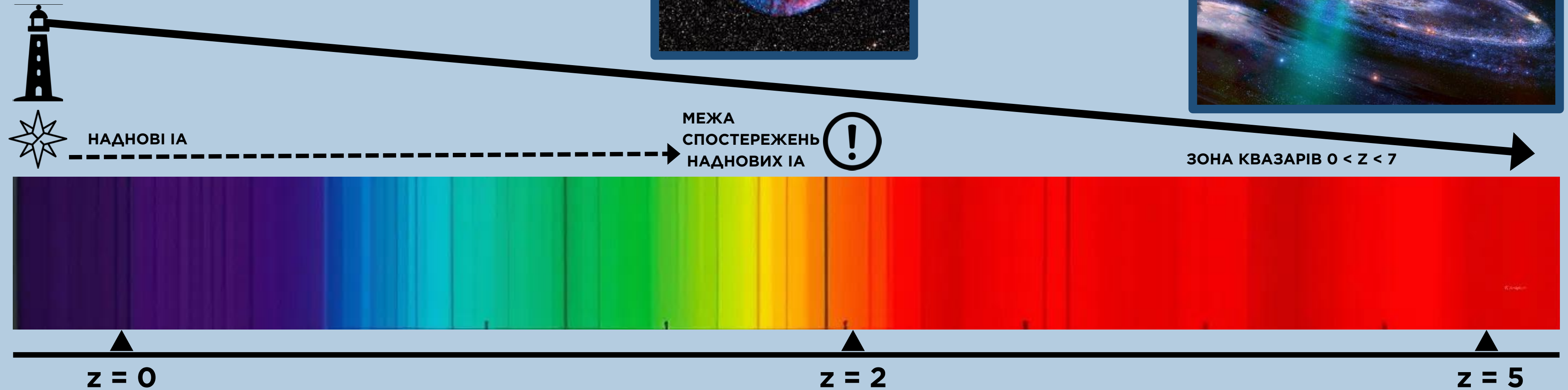
Целікіна Анна Віталіївна, учениця 10-А класу
Технічного ліцею Дніпровського району міста Києва.

ПЕДАГОГІЧНИЙ КЕРІВНИК

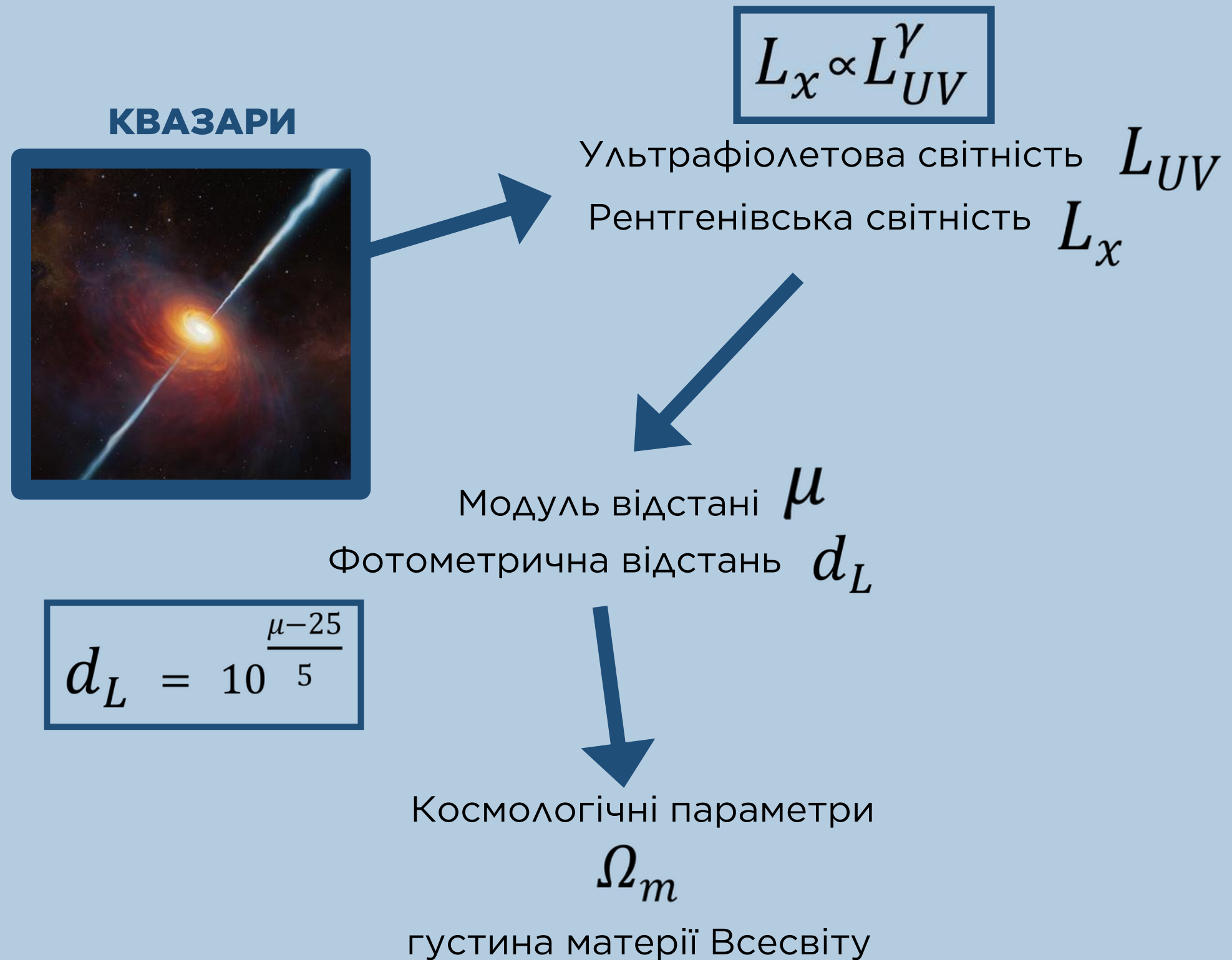
Кузнецова Лариса Юхимівна, вчитель
фізики Технічного ліцею Дніпровського району
міста Києва.

АКТУАЛЬНІСТЬ

КВАЗАРИ ЯК ЕФЕКТИВНА АЛЬТЕРНАТИВА НАДНОВИМ ТИПУ ІА



МЕТА І ЗАВДАННЯ



ПОСТАВЛЕНІ ЗАДАЧІ

- 1 Формування та аналіз **вибірки** 2421 квазара
- 2 Розробка алгоритму обчислень на мові програмування **Python**
- 3 Визначення **параметрів** нелінійної залежності світностей
- 4 Розрахунок значення параметру **густини матерії** Всесвіту
- 5 Побудова графіків та **аналіз отриманих результатів**

ФІЗИЧНА ТА ТЕОРЕТИЧНА ОСНОВА

1 Схема структури квазара



2 Нелінійна залежність між світностями квазарів в **рентгенівському** і **ультрафіолетовому** діапазонах:

$$\log_{10}(L_x) = \gamma \log_{10}(L_{UV}) + \beta$$

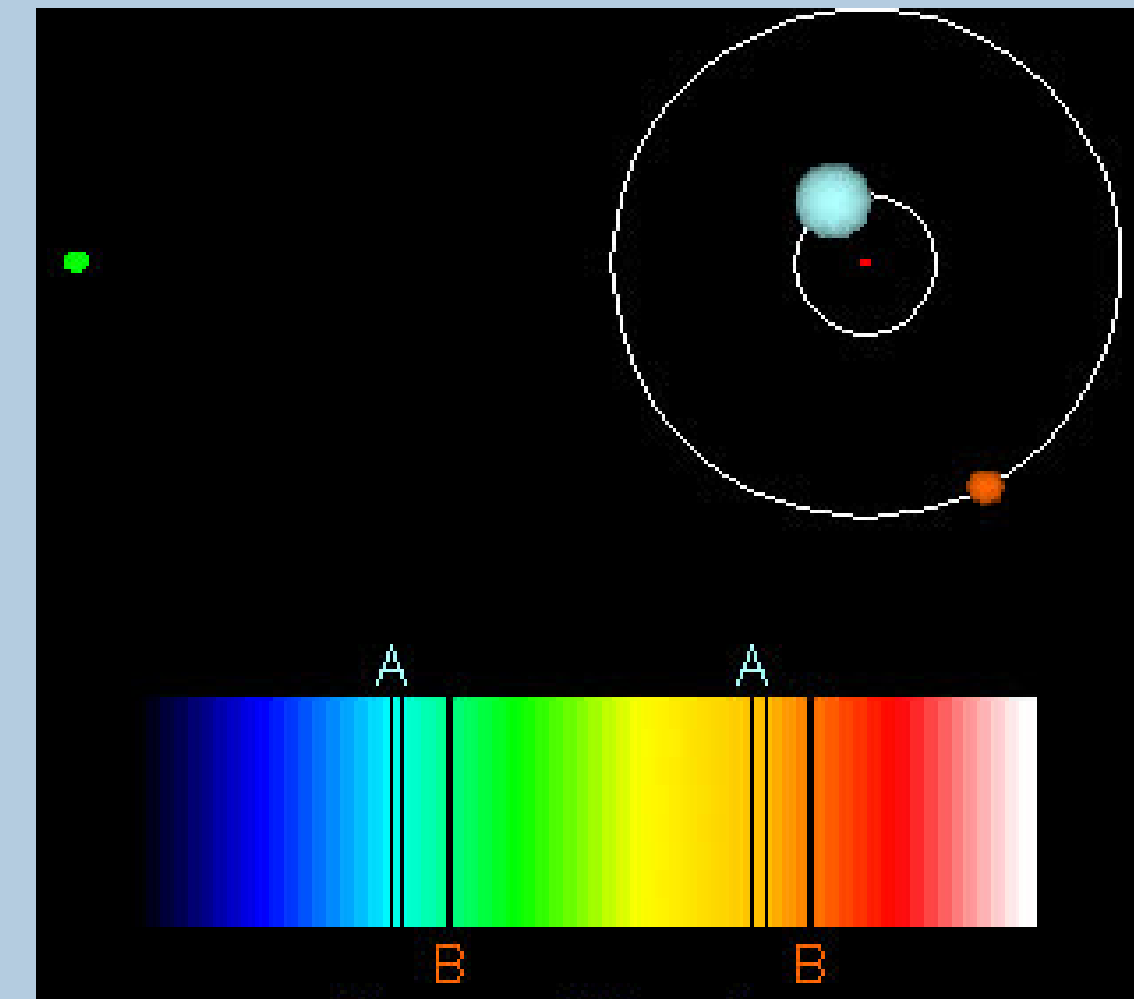
L_{UV} - світність в ультрафіолетовому діапазоні

L_x - світність в рентгенівському діапазоні

β - зсув, константа

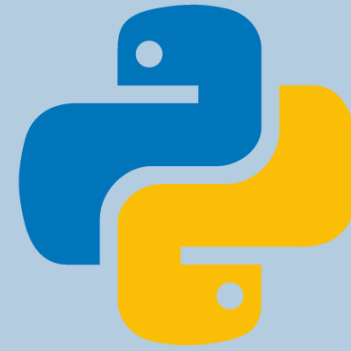
γ - нахил, степеневий показник

3 Анімація ефекту червоного зміщення



ІНСТРУМЕНТИ

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ НА PYTHON



NumPy



pandas

matplotlib



```

21  omega_lambda = 1 - omega_m
22  integrand = lambda zp: 1.0 / np.sqrt(omega_m * (1 + zp)**3 + omega_lambda)
23  integral, _ = quad(integrand, 0, z)
24  return (C_LIGHT / H0) * (1 + z) * integral
25
26  def load_data(filename):
27      try:
28          df = pd.read_csv(filename, sep=None, engine='python')
29          col_z = [c for c in df.columns if 'z' in c.lower()][0]
30          col_uv = [c for c in df.columns if 'uv' in c.lower()][0]
31          col_fx = [c for c in df.columns if 'fx' in c.lower()][0]
32          z = pd.to_numeric(df[col_z], errors='coerce')
33          fuv = pd.to_numeric(df[col_uv], errors='coerce')
34          fx = pd.to_numeric(df[col_fx], errors='coerce')
35          mask = (z > 0.05) & fuv.notna() & fx.notna()
36          return z[mask].values, fuv[mask].values, fx[mask].values
37      except: return None, None, None
38
39  z_data, fuv, fx = load_data(FILE_NAME)
40
41  if z_data is not None:
42      first_5_real = [(np.float64(round(z_data[i], 4)),
43                     np.float64(round(fuv[i], 4)),
44                     np.float64(round(fx[i], 4))) for i in range(5)]
45
46  print(f"Зчитано {len(z_data)} об'єктів")
47  print(f"Перші 5: {first_5_real}\n")
48  print("="*40 + "\nРЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ\n" + "="*40)
49  print(f"{'Параметр':<15} | {'Істина':<10} | {'Відновлено':<10}\n" + "-"*40)
50  print(f"{'Omega_m':<15} | 0.300   | {rec_omega_m:<10.3f}")
51
52  print(f"{'Intercept':<15} | 7.000   | {rec_intercept:<10.3f}\n" + "-"*40)
53  omega_error = abs(rec_omega_m - OMEGA_M_TRUE) / OMEGA_M_TRUE * 100
54  print(f"{'Omega_m':<15} | {OMEGA_M_TRUE:<10.3f} | {rec_omega_m:<10.3f}")
55  print(f"Похибка визначення Omega_m: {omega_error:.2f}%\n")
56
57
58  fig, (ax1, ax2) = plt.subplots(1, 2, figsize=(15, 6))

```

ХІД РОБОТИ

1



Аналіз фундаментальних засад для використання квазарів як індикаторів космологічних параметрів

3



Розробка алгоритмів на мові програмування Python для виконання обчислень

2



Формування бази даних 2421 квазара із каталогу VizieR (J/A+A/642/A15)

4



Побудова графіків кореляції світностей та діаграми Габбла для квазарів

5



Визначення параметрів нелінійної кореляції та густини матерії Всесвіту, аналіз отриманих результатів

ГРАФІК КОРЕЛЯЦІЇ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОЇ ТА РЕНТГЕНІВСЬКОЇ СВІТНОСТЕЙ

Побудовано автором

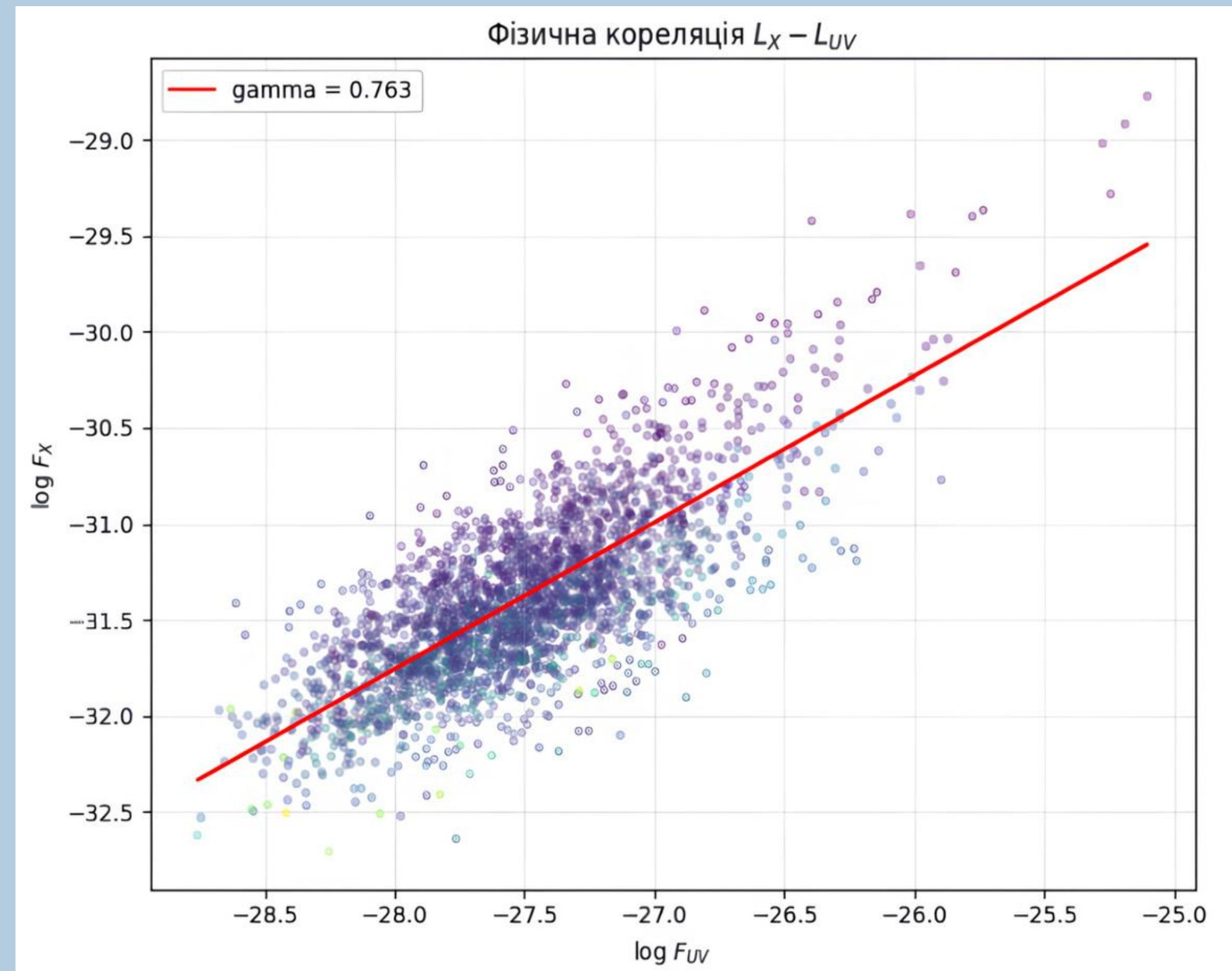
Степенева **залежність** між UV та X-ray світностями квазарів:

$$L_x \propto L_{UV}^\gamma$$

$$\log(L_x) = \gamma \log(L_{UV}) + \beta$$

Спостережене значення показнику **нахилу**:

$$\gamma = 0.763$$



ГРАФІК ДІАГРАМИ ГАББЛА

ДЛЯ 2421 КВАЗАРІВ З КАТАЛОГУ VIZIER (J/A+A/642/A15)

Побудовано автором

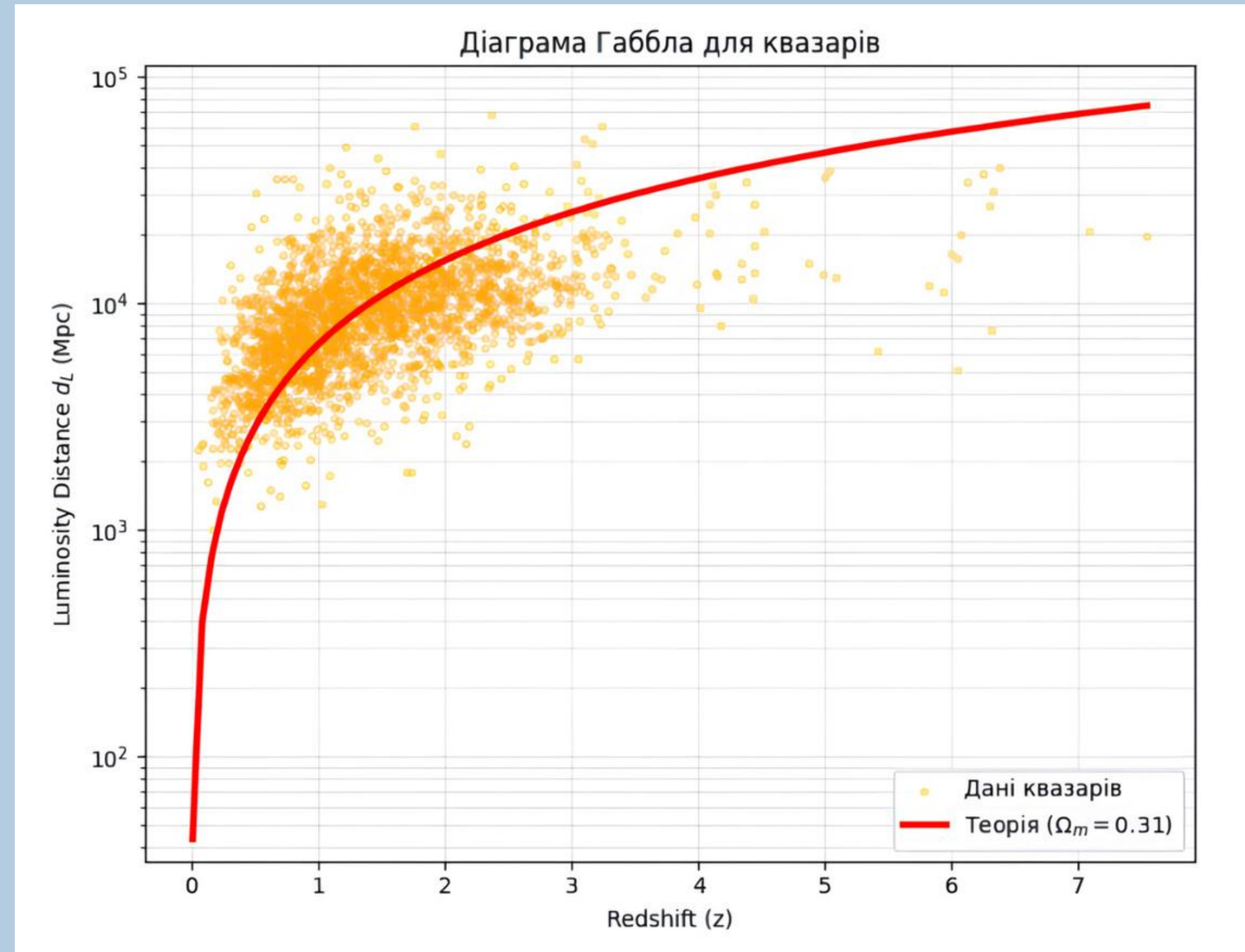
Отримане значення параметра
густини матерії Всесвіту:

$$\Omega_m = 0.242$$

Еталонне значення (за
даними Planck):

$$\Omega_{m_true} = 0.31$$

Відхилення: 21.94%



ВИСНОВКИ


1. ВСТАНОВЛЕНО **СТАБІЛЬНИЙ КОЕФІЦІЄНТ НАХИЛУ** ДЛЯ ВИБІРКИ 2421 КВАЗАРА:

$$\gamma = 0.763$$

2. РОЗРАХОВАНО **ПАРАМЕТР ГУСТИНИ МАТЕРІЇ ВСЕСВІТУ:**

$$\Omega_m = 0.242$$

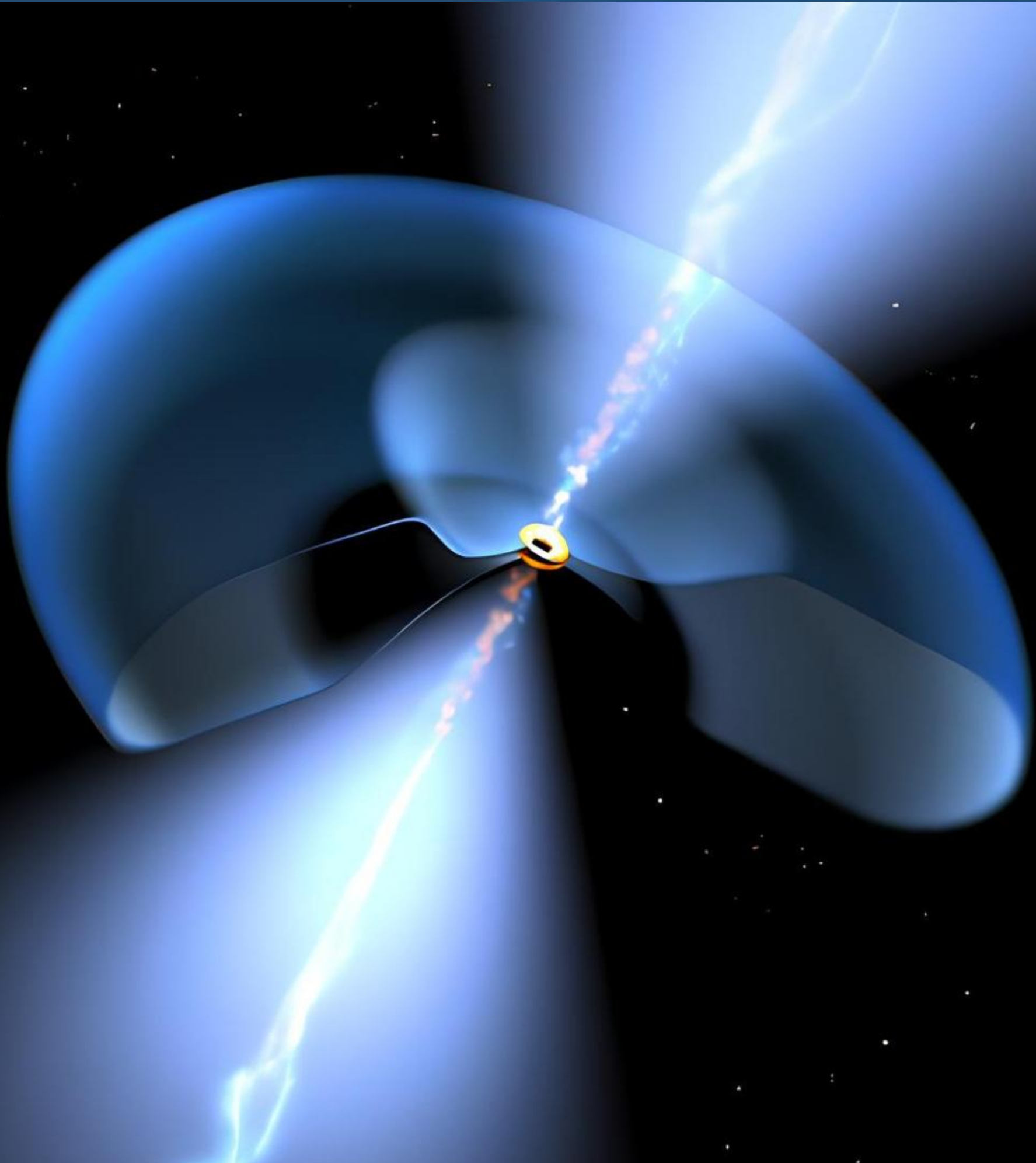
ВІДХИЛЕННЯ ВІД СТАНДАРТИЗОВАНИХ ЗНАЧЕНЬ ВІДОБРАЖАЄ СКЛАДНІСТЬ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕССІВ КВАЗАРІВ.

3. **ПІДТВЕРДЖЕНО ЕФЕКТИВНІСТЬ**  **ВИКОРИСТАННЯ КВАЗАРІВ ЯК СТАНДАРТНИХ СВІЧОК.**

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Risaliti G., Lusso E A Hubble Diagram for Quasars, 2015 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.frontiersin.org/journals/astronomy-and-space-sciences/articles/10.3389/fspas.2017.00068/full>.
- Quasars as standard candles II : the non linear relation between UV and X-ray emissions at high redshifts[Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/372527801_Quasars_as_standard_candles_IV_Analysis_of_the_X-ray_and_UV_indicators_of_the_disc-corona_relation.
- Каталог квазарів VizieR J/A+A/642/A15 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://vizier.cds.unistra.fr/viz-bin/VizieR?-source=J/A+A/642/A150&-to=3>.
- Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/1807.06209>.
- Python — офіційна документація.
- 25. Cosmological Parameters [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://pdg.lbl.gov/2023/reviews/rpp2023-rev-cosmological-parameters.pdf>.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!



Целікіна Анна Віталіївна,
учениця Технічного ліцею
Дніпровського району міста Києва
tselikina.anna@gmail.com