

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

В.М. Ігнатенко, С.І. Кишнякіна

**КОНЦЕПЦІЇ СУЧАСНОГО
ПРИРОДОЗНАВСТВА
НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**

*для студентів гуманітарних спеціальностей
заочної форми навчання*

**Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету
Протокол № 3 від 13.11 2002 р.**

СУМИ
ВИДАВНИЦТВО СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
2003

ПЕРЕДМОВА

Метою даного посібника є надання допомоги студентам – заочникам гуманітарних спеціальностей вищих навчальних закладів з вивчення курсу "Концепції сучасного природознавства".

Основний навчальний матеріал програми курсу розподілено на чотири розділи. В кожному подається огляд основних питань, ідей, концепцій сучасних природничих наук, найважливіші з яких досить детально розглядаються у відповідних розділах.

В окремий розділ винесено основи інформаційної цивілізації та синергетики. У кінці кожного розділу наводяться контрольні завдання.

У посібнику враховані особливості навчального плану, згідно з яким студенти повинні виконувати одну контрольну роботу. Для виконання контрольної роботи студент повинен вибрати потрібний варіант відповідно до таблиці варіантів контрольних робіт.

Бажаємо Вам успіхів у навчанні!

РОБОЧА ПРОГРАМА КУРСУ "КОНЦЕПЦІЇ СУЧАСНОГО ПРИРОДОЗНАВСТВА"

ДЛЯ ГУМАНІТАРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ ЗАОЧНИХ ВІДДІЛЕНЬ ВУЗІВ

Вступ

Дисципліна "Концепції сучасного природознавства" (КСП). Природознавство. Методологія природознавства. Проблема двох культур. Структура курсу "КСП".

Основні поняття

Час і простір. Основні властивості. Фундаментальні сили природи.

Основні закони мікросвіту

Елементарні частинки та їх класифікація. Основні уявлення фізики мікросвіту: корпускулярно – хвильовий дуалізм; співвідношення невизначеностей; рівняння Шредингера; квантування фізичних величин; протонно – нейтронна структура ядра. Кварки. Ядерні реакції.

Основні закони фізики макросвіту

Основи класичної механіки. Основні положення СТВ і ЗТВ. Елементи молекулярної фізики і термодинаміки. Закони аеро- і гідростатики. Основні закони термодинаміки. Ентропія і стріла часу.

Основні положення фізики електромагнітних взаємодій. Електростатика. Електричний струм. Магнетизм. Магнітні властивості речовини.

Основні положення оптики. Елементи квантової оптики.

Природничонаукова картина світу

Фізична природа хімічного зв'язку. Елементи біології. Основні етапи розвитку біології. Основні узагальнення біологічних наук. Закономірності еволюції біосфери. Основні концепції походження життя на Землі. Антропогенез. Глобальні проблеми сучасної екології.

Основні уявлення фізики Мегасвіту

Астрономічна модель Всесвіту. Структурні одиниці Всесвіту: зірки, міжзоряне середовище, галактики і квазари. Основні характеристики сучасного Всесвіту: розширення, густина речовини, хімічний склад, реліктове випромінювання, однорідність, ізотропність і структурність Всесвіту. Еволюція Всесвіту: теорія Великого Вибуху. Сонце і сонячна система. Будова Сонця. Сонячна активність. Походження Сонячної системи. Віддалене майбутнє Сонця.

Додаткові матеріали

Основи інформаційної цивілізації. Інформація та її властивості. Технологія і НТР. Лазерні технології.

Основи синергетики. Приклади синергетичних систем. Властивості самовпорядкованих систем.

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

- 1 За час вивчення курсу " Концепції сучасного природознавства" студент – заочник повинен подати в навчальний заклад контрольну роботу.
- 2 Номера завдань, які студент повинен виконати в контрольній роботі, визначаються за таблицями варіантів. Усього студент виконує вісім завдань.
- 3 Контрольні роботи виконуються у шкільному зошиті, на обкладинці якого потрібно зазначити відомості згідно із зразком:

<p>Сумський державний університет Заочний факультет Кафедра загальної та експериментальної фізики</p> <p>Контрольна робота з курсу " Концепції сучасного природознавства" студента групи МЗ –11Р Волкова Анатолія Васильовича.</p> <p>Суми 2002</p>

- 4 Відповідь на кожне завдання повинна займати від 1 до 4 сторінок учнівського зошита.
- 5 Умови завдань в контрольній роботі треба переписувати повністю, без скорочень. Для зауважень викладача – рецензента на сторінках зошита потрібно залишати поля.
- 6 У кінці контрольної роботи необхідно вказати, якими підручниками та іншими друкованими джерелами студент користувався при виконанні контрольної роботи (назва книги, автор, рік видання). Це робиться для того, щоб рецензент у разі необхідності зміг указати на помилки, а також, що ще потрібно студенту вивчити для завершення контрольної роботи.

- 7 Якщо контрольна робота при рецензуванні не зарахована, студент зобов'язаний подати її на повторну рецензію, помістивши в неї відповіді на ті запитання, які було виконано неправильно, неточно або недостатньо. Повторну роботу потрібно подати разом з незарахованою.
- 8 Зараховані контрольні роботи пред'являються викладачу під час сесії. Студент повинен бути готовим під час іспиту (заліку) дати пояснення із змісту питань контрольної роботи.

Таблиця 1 - Варіанти контрольних завдань
(номер варіанта збігається з двома останніми
цифрами номера залікової книжки)

Номер варіанта	Завдання							
00	101	129	201	229	301	329	401	429
01	102	130	202	230	302	330	402	430
02	103	131	203	231	303	331	403	431
03	104	132	204	232	304	332	404	432
04	105	133	205	233	305	333	405	433
05	106	134	206	234	306	334	406	434
06	107	135	207	235	307	335	407	435
07	108	136	208	236	308	336	408	436
08	109	137	209	237	309	337	409	437
09	110	138	210	238	310	338	410	438
10	111	139	211	239	311	339	411	439
11	112	140	212	240	312	340	412	440
12	113	141	213	241	313	341	413	441
13	114	142	214	242	314	342	414	442
14	115	143	215	243	315	343	415	443
15	116	144	216	244	316	344	416	444
16	117	145	217	245	317	345	417	445
17	118	146	218	246	318	346	418	446
18	119	147	219	247	319	347	419	447
19	120	148	220	248	320	348	420	448
20	121	149	221	249	321	349	421	449
21	122	150	222	250	322	350	422	450
22	123	151	223	251	323	351	423	451
23	124	152	224	252	324	352	424	452

Продовження таблиці 1

Номер варіанта	Завдання							
24	125	153	225	253	325	353	425	453
25	126	154	226	254	326	354	426	454
26	127	155	227	255	327	355	427	455
27	128	156	228	256	328	356	428	456
28	129	157	229	257	329	357	429	457
29	130	158	230	258	330	358	430	458
30	131	159	231	259	331	359	431	459
31	132	160	232	260	332	360	432	460
32	101	128	202	227	303	326	404	425
33	102	129	203	228	304	327	405	426
34	103	130	204	229	305	328	406	427
35	104	131	205	230	306	329	407	428
36	105	132	206	231	307	330	408	429
37	106	133	207	232	308	331	409	430
38	107	134	208	233	309	332	410	431
39	108	135	209	234	310	333	411	432
40	109	136	210	235	311	334	412	433
41	110	137	211	236	312	335	413	434
42	111	138	212	237	313	336	414	435
43	112	139	213	238	314	337	415	436
44	113	140	214	239	315	338	416	437
45	114	141	215	240	316	339	417	438
46	115	142	216	241	317	340	418	439
47	116	143	217	242	318	341	419	440
48	117	144	218	243	319	342	420	441
49	118	145	219	244	320	343	421	442
50	119	146	220	245	321	344	422	443
51	120	147	221	246	322	345	423	444
51	121	148	222	247	323	346	424	445
53	122	149	223	248	324	347	425	446
54	123	150	224	249	325	348	426	447
55	124	151	225	250	326	349	427	448
56	125	152	226	251	327	350	428	449
57	126	153	227	252	328	351	429	450
58	127	154	228	253	329	352	430	451
59	128	155	229	254	330	353	431	452
60	129	156	230	255	331	354	432	453
61	130	157	231	256	332	355	402	454

Продовження таблиці 1

Номер варіанта	Завдання							
62	131	158	232	257	303	356	403	455
63	132	159	202	258	304	357	404	456
64	101	160	203	259	305	358	405	457
65	102	127	204	260	306	359	406	458
66	103	128	205	230	307	360	407	459
67	104	129	206	231	308	330	408	460
68	105	130	207	232	309	331	409	430
69	106	131	208	233	310	332	410	431
70	107	132	209	234	311	333	411	432
71	108	133	210	235	312	334	412	433
72	109	134	211	236	313	335	413	434
73	110	135	212	237	314	336	414	435
74	111	136	213	238	315	337	415	436
75	112	137	214	239	316	338	416	437
76	113	138	215	240	317	339	417	438
77	114	139	216	241	318	340	418	439
78	115	140	217	242	319	341	419	440
79	116	141	218	243	320	342	420	441
80	117	142	219	244	321	343	421	442
81	118	143	220	245	322	344	422	443
82	118	144	221	246	323	345	423	444
83	119	145	222	247	324	346	424	445
84	120	146	223	248	325	347	425	446
85	121	147	224	249	326	348	426	447
86	122	148	225	250	327	349	427	448
87	123	149	226	251	328	350	428	449
88	124	150	227	252	329	351	429	450
89	125	151	228	253	330	352	430	451
90	126	152	229	254	331	353	431	452
91	127	153	230	255	332	354	432	453
92	128	154	231	256	303	355	406	454
93	129	155	232	257	304	356	407	455
94	130	156	202	258	305	357	408	456
95	131	157	203	259	306	358	409	457
96	132	158	204	260	307	359	410	458
97	101	159	205	231	308	360	411	459
98	102	160	206	232	309	334	412	460
99	103	128	207	233	310	335	413	437

1 НАВЧАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ З РОЗДІЛІВ КУРСУ "КОНЦЕПЦІЇ СУЧАСНОГО ПРИРОДОЗНАВСТВА"

1.1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ КУРСУ

Природознавство

Природознавство - це сукупність наук про природу. Фізика є основою всіх наук про природу. Фізика – це наука, що вивчає найбільш прості і загальні властивості матеріального світу. Закони фізики діють не тільки на Землі, вони є справедливими і для всього Всесвіту, відбиваючи в такий спосіб матеріальну єдність світу. Оскільки світ навколо нас є надзвичайно складним і різноманітним у своїх проявах, то в процесі його пізнання фізика дала початок величезній кількості самостійних наук, які можна умовно розподілити на два великих класи: науки про живу і науки про неживу природу. Фізика, хімія, астрономія – це найважливіші науки про неживу природу.

Фізика, як було зазначено вище, вивчає найбільш загальні властивості матерії і форми її руху (механічну, теплову, електромагнітну, ядерну та ін.), має багато розділів. Хімія –це наука про склад, будову і властивості речовин, форми їхніх взаємних перетворень, поділяється на органічну і неорганічну хімію, фізичну, аналітичну і т.п. Астрономія – наука про Всесвіт, вивчає природу, походження, розвиток, рух небесних тіл. Найважливішими розділами астрономії є космологія і космогонія. Космологія – це фізичне вчення про Всесвіт як єдине ціле, його будову і розвиток. Космогонія вивчає питання походження і розвитку небесних тіл.

Біологія – це основна наука про живу природу. Біологію визначають як вчення про життя, закони розвитку живої природи. Вона є найбільш розгалуженою наукою, у її склад входять такі науки, як зоологія, ботаніка, морфологія, мікробіологія, гістологія, анатомія, екологія, генетика та ін.

Вищезазначене свідчить, що в процесі розвитку Науки відбувається її безупинна диференціація, тобто все більш глибоке проникнення в деталі природних об'єктів. Але Природа - Всесвіт, Життя, Розум (за Шкловським) - це єдиний унікальний багатогранний, складний, самокерований організм. Природознавство як наука про Природу в цілому висуває на перший план ідею про необхідність інтеграції наукових

знань на сучасному етапі. Необхідність такої інтеграції пов'язана як з об'єктивним ходом розвитку пізнання Природи, з одного боку, так і з необхідністю використання законів природи для життєзабезпечення людства.

Методологія природознавства

Основою методології природознавства є такі методи пізнання, як спостереження, вимір, експеримент, порівняння, дедукція, індукція, аналіз, синтез, абстракція, моделювання, уявний експеримент і т.п. Найважливішою особливістю природничих наук є їх експериментальний характер. Теорія й експеримент – це два найважливіших взаємозалежних методи пізнання.

Проблема двох культур

Культура людства має два спектри: матеріальний і духовний. Природничонаукова культура ґрунтується на досягненнях природничих наук, а гуманітарні науки (мистецтво, література, релігія, мораль і та ін.) формують духовну культуру. Поділ цих культур почався ще в часи древньої Греції і до ХХ сторіччя досяг катастрофічних розмірів. Усвідомлення безвихідності такого відчуження двох культур відбувається на фоні катаклізмів, що заповнюють наше життя: зростання злочинності, націоналізм, тероризм, насильство, екологічна катастрофа і т.п. Величезні успіхи природничих наук у змозі змінити вигляд Світу й обернутися загибеллю для людства. До такого висновку прийшли самі вчені, вони зрозуміли, що проблеми будови Всесвіту і духовної сутності людини багато в чому перекриваються.

Ієрархія курсу "Концепції сучасного природознавства"

Даний курс складається з п'яти розділів: Вступ, Фізична картина Світу (основи механіки, основи фізики мікросвіту, елементи молекулярної фізики і термодинаміки, основні положення фізики електромагнітних взаємодій), Природничо - наукова картина Світу, Фізика Мегасвіту. Оскільки фізика є фундаментом природознавства, то відповідні розділи мають найбільший об'єм, в них автори розглядають такі поняття як простір і час, структура макро- і мікросвітів, проблеми сучасної космогонії. В рамках природничо- наукової картини Світу розглядаються основи хімії, біології, концепції походження життя на Землі і антропогенез, а також глобальні проблеми сучасної екології. Курс доповнений розділами: Основи інформаційної цивілізації та Основи синергетики. Таким чином, курс "Концепції сучасного природознавства" до-

зволяє молодій людині одержати цілісне уявлення про навколишній світ, вчить виваженому ставленню до Природи та Суспільства.

Простір і час

Всесвіт існує в просторі і часі. На даному етапі розвитку природознавства встановлено такі властивості простору:

1 Однорідність. Однорідність простору припускає "рівноправність" усіх точок простору й однаковість законів природи щодо паралельного перенесення. З однорідності простору випливає закон збереження імпульсу.

2 Ізотропність. Ізотропність простору означає, що в просторі немає виділених напрямків і поворот на будь-який кут не змінює законів природи. Ізотропність простору призводить до закону збереження моменту імпульсу.

3 Безперервність простору означає, що між будь-якими двома точками, як би близько вони не знаходилися, завжди є третя.

4 Евклідовість. Ознакою евклідовості є можливість побудови в просторі декартових прямокутних координат. Наш простір є евклідовим тільки в наближенні, тому що за наявності великих гравітаційних полів евклідовість порушується (загальна теорія відносності Ейнштейна).

5 Тривимірність простору означає, що положення будь-якої точки можна однозначно визначити за допомогою трьох дійсних чисел (координат).

Однорідність і ізотропність простору обумовлюють можливість визначати відстані за допомогою єдиного еталона довжини. Відстанню між двома точками називають довжину відрізка, що з'єднує ці точки.

Виявляється, що характер фізичних законів визначається масштабом досліджуваних явищ. Так, на відстанях порядку розмірів атомів і ядер визначальними є закони квантової фізики. Макросвіт - це клітина, людина, наша планета. Закони макросвіту багато в чому обумовлюються законами ньютонівської (класичної) механіки. Мегасвіт - це наша Зоряна система, Галактика і Всесвіт. Тут царюють закони спеціальної і загальної теорії відносності, гравітаційної взаємодії.

Основні властивості часу

1 Однорідність. Однорідність часу полягає у тому, що закони руху замкнутої системи не залежать від вибору початку відліку часу, тобто в будь-які моменти часу за однакових умов усі процеси в системі

будуть проходити зовсім однаково. Глобальним відображенням факту однорідності часу є закон збереження енергії.

2 Безперервність.

3 Однострамованість (необоротність) часу є наслідком II закону термодинаміки – закону зростання ентропії.

Відповідно до загальної теорії відносності на рух часу впливає гравітаційне поле, поблизу масивних об'єктів (див. "чорні діри") час сповільнює хід. На перебіг часу згідно із спеціальною теорією відносності впливає факт зміни швидкості – "парадокс близнюків".

Фундаментальні сили природи

Сучасне природознавство розподіляє всі сили природи на чотири основних типи: сильну (ядерну), слабку, електромагнітну і гравітаційну взаємодії.

	Взаємодія	Джерело	Радіус дії, м
1	Сильна (ядерна) (короткодійоча)	Адрони: протони, нейтрони, мезони	$r \sim 10^{-15}$
2.	Слабка (короткодійоча)	Всі елементарні частинки	$r \sim 10^{-15}$
3.	Електромагнітна (далекодійоча)	Електричні заряди	$r \rightarrow \infty$
4.	Гравітаційна (далекодійоча)	Всі об'єкти, що мають масу	$r \rightarrow \infty$

Сильна взаємодія утримує нуклони в ядрі атома, найбільша відстань, на якій вона проявляється $r \sim 10^{-15}$ м. Слабка взаємодія відповідальна за усі види β - розпаду ядер, за значну кількість процесів взаємодії нейтрино з речовиною. Слабка взаємодія також є короткодійочою. Як слабка, так і сильна взаємодії в основному визначають структуру і властивості мікросвіту.

Макро- і мегасвіт є "царством" електромагнітної і гравітаційної взаємодій. Радіус їх дії необмежений.

Гравітація є причиною падіння тіл на Землю. Закону всесвітнього тяжіння підкоряється рух планет і їхніх супутників, зоряних систем і

Всесвіт у цілому. Гравітація в остаточному підсумку в значній мірі обумовлює структуру мегасвіту.

1.2 ОСНОВИ КЛАСИЧНОЇ МЕХАНІКИ

Механіка вивчає рух одних тіл щодо інших. Для спрощення вивчення характеру руху тіл розглядають поступальний і обертальний рух, як окремі види руху, а складні рухи є їхньою суперпозицією. Поступальним називається рух, при якому всі точки тіла мають однакові траєкторії. Основою механіки поступального руху є три основних закони - закони Ньютона.

Перший закон Ньютона визначає умови спокою або руху з постійною за модулем і напрямком швидкістю: усяке тіло перебуває у стані спокою або рівномірного прямолінійного руху, доки вплив на нього з боку інших тіл не виведе його з цього стану:

$$\vec{a} = \text{const}, \quad \vec{a} = 0, \quad \text{якщо} \quad \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0,$$

де $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i$ – рівнодіюча всіх сил, що діють на тіло. Зміст першого закону полягає в існуванні інерціальних систем відліку, тобто систем, для яких I закон Ньютона є справедливим.

З великим ступенем точності можна вважати інерціальною геліоцентричну систему відліку.

Другий закон Ньютона – закон руху, який вказує на умови зміни швидкості тіла. Другий закон пов'язаний з поняттям маси і сили. Масою (m) прийнято називати кількісну характеристику властивості інертності тіла, тобто властивість тіла зберігати свій стан руху. Стан руху тіла в даний момент часу можна цілком охарактеризувати за допомогою добутку $\vec{p} = m\vec{v}$, що одержав назву імпульсу. Сила (\vec{F}) – це кількісна міра ступеня впливу одного тіла на інше. Сила є векторною величиною, тобто характеризується модулем, спрямованим у просторі і точкою прикладення.

За II законом Ньютона стверджується, що швидкість зміни імпульсу в часі дорівнює рівнодіючій сил, які діють на тіло:

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \frac{d\vec{p}}{dt}.$$

При $m = const$ одержимо відомий зі школи вигляд формули II закону Ньютона:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}.$$

Третій закон Ньютона – закон взаємодії. Два тіла взаємодіють із силами, рівними за модулем та протилежними за напрямком:

$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}.$$

З третього закону Ньютона випливає, що сили діють попарно.

Обертальний рух

При розгляді обертального руху обмежимося системою, взаємне розміщення частинок якої не змінюється. Така система називається твердим тілом. Обертальним рухом твердого тіла називається такий рух, при якому всі точки тіла рухаються по колах, центри яких розміщені на одній прямій, яка називається віссю обертання.

Швидкість обертання ω визначається кутом φ , на який повертається тіло за одиницю часу:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}.$$

Між кутовою і лінійною швидкостями існує зв'язок, який легко установити для випадку руху точки по колу з радіусом R . Відповідно до визначення радіальної міри $S = R \cdot \varphi$, тоді, продиференціювавши обидві частини цієї рівності за часом, одержимо

$$v = R \cdot \omega.$$

Обертальний рух характеризують частотою n і періодом обертання T . Частота – це кількість обертів за одиницю часу:

$$n = \frac{N}{T},$$

$$[n] = \text{с}^{-1} = 1 \text{ Гц}.$$

Період обертання – це час одного повного оберту:

$$T = \frac{t}{N} = \frac{1}{n},$$

$$[T] = 1 \text{ с}.$$

Поняття кутового прискорення вводиться за аналогією з лінійним:

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}.$$

Характер обертального руху залежить як від сили, так і від її напрямку та точки прикладення до твердого тіла. Обертальний аналог сили називається моментом сили \vec{M} і вводиться як векторний добуток радіуса-вектора \vec{r} і сили \vec{F} :

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

чи в скалярній формі

$$M = rF \cdot \sin \alpha = Fl,$$

де $l = r \sin \alpha$ є плечем сили щодо точки O .

В обертальному русі аналогом імпульсу є момент імпульсу \vec{L} . Згідно з визначенням:

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}, \quad \frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}.$$

Даний вираз є обертальним аналогом II закону Ньютона і називається основним законом обертального руху, тобто результуючий момент сил, що діють на тіло, дорівнює швидкості зміни моменту імпульсу.

Та обставина, що в обертальному русі маса тіла не зосереджена в одній точці, а розподілена відповідно до геометричних параметрів твердого тіла, вимагає введення обертального аналога маси – моменту інерції тіла I сил відносно до будь-якої осі:

$$I = \int r^2 dm.$$

З використанням виразу, момент імпульсу набуде вигляду:

$$\vec{L} = I\vec{\omega}.$$

і основний закон динаміки обертального руху

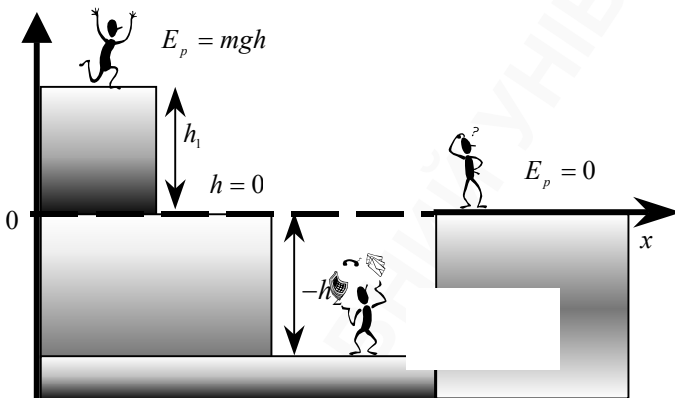
$$\vec{M} = I\vec{\varepsilon}.$$

Поняття енергії та роботи в механіці

Дія на тіло або систему тіл сили пов'язане з виконанням цієї силою роботи. При цьому роботою A сили \vec{F} називається скалярний добуток $A = \vec{F} \cdot \vec{s}$, де \vec{s} - переміщення тіла під дією цієї сили. Крім того, виявляється, що робота пов'язана зі зміною енергії. При цьому енергія

виступає як здатність даної системи виконати роботу (потенціальна енергія) або як факт виконання нею роботи (кінетична енергія).

Потенціальна енергія визначається взаємним розміщенням тіл (Земля і Сонце, електрон і ядро атома, тіло, підняте над Землею і та ін.), або частин одного і того самого тіла (різні види деформації: розтягнення, стиснення, зсув і т.п.). З одного тільки визначення потенціальної енергії випливає, що її величина залежить від початку відліку.



Таким чином, абсолютне значення потенціальної енергії є досить довільним, але різниця потенціальних енергій – конкретна величина і дорівнює роботі, яку виконує певна сила над тілом. В залежності від вибору нульового значення потенціальної енергії може створитися ситуація, коли тіло буде мати від'ємну потенціальну енергію. У цьому випадку говорять, що тіло знаходиться в потенціальній ямі, як показано на рисунку 1. Поняття потенціальної ями має виняткове значення у фізиці, зокрема в квантовій механіці.

1.3 ОСНОВИ СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ (СТВ) І ЗАГАЛЬНОЇ ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ (ЗТВ)

Постулати СТВ та її наслідки

Закони класичної механіки (механіки Ньютона) справедливі у визначених границях, наприклад, якщо швидкості тіл набагато менші за швидкість світла ($v \ll c$). Механіка Ньютона є частковим випадком ($v \rightarrow 0$) релятивістської механіки або спеціальної теорії відносності (СТВ). У повсякденному житті ми не стикаємося зі швидкостями, близькими до швидкості світла, проте вже на початку ХХ століття виникла необхідність у створенні СТВ, тому що багато досліджуваних наукою явищ не могли бути пояснені в рамках класичної механіки.

Альберт Ейнштейн, проаналізувавши експериментальні факти, що нагромадилися на початку ХХ сторіччя, створив спеціальну теорію відносності (СТВ) - фізичну теорію простору-часу для слабких гравітаційних полів. Основою СТВ є постулати Ейнштейна.

Перший постулат СТВ (принцип відносності Ейнштейна): усі закони природи однакові в усіх інерціальних системах відліку. Цей постулат є поширенням принципу відносності Галілея на всі фізичні явища.

Другий постулат СТВ (принцип сталості швидкості світла): швидкість світла у вакуумі однакова в усіх інерціальних системах відліку і не залежить від швидкостей руху як джерел, так і приймачів світла. Факт абсолютності швидкості світла був експериментально встановлений на досліджах Майкельсона і Морлі в 80-х роках 19-го сторіччя. Швидкість світла у вакуумі є однією із найважливіших фізичних констант, це гранична швидкість у природі.

Глибокий аналіз постулатів СТВ показує, що вони суперечать класичним уявленням про простір і час. Виявляється, час у різних системах відліку плине по-різному, отже, проміжок часу між двома подіями залежить від вибору системи відліку, тобто події одночасні в одній системі будуть неоднорічними в іншій, але при цьому відносність не суперечить принципу причинності. Маса і лінійні розміри тіла також залежать від швидкості руху. Як і в класичній механіці, у СТВ простір і час – однорідні, але в СТВ простір і час – взаємозалежні, вони утворюють чотиривимірний простір-час. Перехід з однієї інерціальної системи відліку до іншої здійснюється відповідно до **перетворень Лоренца** (а

не Галілея, як у класичній механіці). З перетворень Лоренца і постулатів СТВ випливає ряд дивних наслідків, наприклад:

1 Закон додавання швидкостей

$$g_x = \frac{g'_x + g_0}{1 + \frac{g'_x \cdot g_0}{c^2}},$$

де g_0 – швидкість системи відліку, що рухається, відносно "нерухомої" системи відліку; g'_x – швидкість матеріальної точки в системі відліку, що рухається; g_x – швидкість точки щодо нерухомої системи відліку.

Якщо $g'_x \ll c$ і $g_0 \ll c$, то отримаємо $g_x = g'_x + g_0$ - класичний закон додавання швидкостей, але якщо $g'_x = c$ і $g_0 = c$, то

$$g_x = c!$$

За таких умов у СТВ, при додаванні швидкостей тіло не може мати швидкість більшу за швидкість світла.

2 Наприкінці XIX – початку XX ст. у дослідях зі швидкими електронами була виявлена залежність маси від швидкості:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}},$$

де m_0 - маса спокою частинки.

Як бачимо, що якщо $m_0 \neq 0$, то частинка не може рухатися зі швидкістю більшою чи навіть такою, що дорівнює c ($g < c$), тому що її маса в цьому випадку була б нескінченно великою, чи навіть уявною, що є фізично абсурдним.

3 У дослідях з мюонами було експериментально встановлено факт уповільнення часу в рухомій системі відліку відносно "нерухомої":

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{g^2}{c^2}}},$$

де Δt_0 - власний час між двома подіями (час за годинником, що рухається з об'єктом зі швидкістю \mathcal{G} ; Δt - час за годинником у нерухомій системі відліку.

Факт уповільнення часу приводить до так званого "парадоксу близнюків".

4 Найважливішим наслідком СТВ є широко відома формула Ейнштейна, що пов'язує масу й енергію:

$$E = mc^2.$$

Елементи загальної теорії відносності

У 1916 р. була опублікована загальна теорія відносності (ЗТВ) Ейнштейна. ЗТВ узагальнила СТВ на прискорені системи і поширила принцип відносності на всі системи, що рухаються. В основу ЗТВ покладено принцип еквівалентності сил інерції і сил гравітації, який, в свою чергу, є наслідком тотожності інертної і гравітаційної мас. Ось деякі з висновків ЗТВ:

1 Властивості простору-часу залежать від швидкості матерії, що рухається.

2 Промінь світла, який має енергію (а енергія - маса згідно з СТВ є еквівалентними), повинен викривлятися в полі сил тяжіння.

3 Частота світла в полі тяжіння повинна змінюватися. У результаті цього ефекту лінії спектра сонячного світла під дією гравітаційного поля Сонця повинні зміщатися в бік червоного світла, у порівнянні зі спектрами земних джерел. У 1919 році під час Сонячного затемнення наукові експедиції Лондонського Королівського суспільства підтвердили правильність основних положень ЗТВ.

ЗТВ зробила переворот у космології, дозволивши вченим створити різні моделі Всесвіту.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

- 101 Методологія природознавства. Які методи природознавства є загальними для різних наук?
- 102 Методологія і розвиток природознавства.
- 103 Відношення природознавства до релігії і філософії.
- 104 Дві культури - гуманітарна і природничонаукова. Проблема двох культур.
- 105 Поясніть суть поняття "ноосфери".
- 106 Що спричинило диференціацію двох культур? Які об'єктивні факти вказують на необхідність їхньої інтеграції?
- 107 Природничонаукова картина Світу і її головні компоненти.
- 108 Картина Світу древніх греків, її становлення та основні ідеї.
- 109 Основні елементи картини Світу. Фізична картина Світу і її еволюція.
- 110 Які міждисциплінарні науки в природознавстві вам відомі? Побудуйте логічну схему взаємодії й ієрархії природничих наук.
- 111 Яка наука є основою природничонаукового підходу і чому?
- 112 Дайте поняття картини Світу і наведіть приклади з історії науки. Чи є фізика точною наукою?
- 113 Поясніть роль математики і моделювання в природознавстві.
- 114 Що таке наукова революція? Наведіть приклади наукових революцій у фізиці. В чому особливість наукової революції, що відбувається на даному етапі розвитку людства?
- 115 Основні властивості простору та їх відбиток у законах збереження.
- 116 Перелічіть і поясніть основні властивості простору. В чому виявляється однорідність та ізотропність простору?
- 117 Поясніть поняття "евклідовість простору". Умови порушення евклідовості (викривлення простору).
- 118 Простір, його властивості і життя у Всесвіті.
- 119 Яким способом можна визначити розміри Землі, відстань до Місяця, Сонця, найближчих зірок і галактик?
- 120 Методи вимірювання відстаней у мікро-, макро- і мегасвітах. Якими відстанями оперує сучасна фізика.
- 121 Час і його виміри. З якими рухами пов'язаний календар і що є основою одиниць часу: тижня, року, місяця?
- 122 Перелічіть і поясніть основні властивості часу.

- 123 Що таке детермінізм? "Стріла часу" і причинність.
- 124 Перелічіть і поясніть основні властивості часу. Які проміжки часу вивчає сучасне природознавство?
- 125 Як визначити вік археологічної знахідки, Землі, Всесвіту?
- 126 Фундаментальні сили природи та їх характеристики.
- 127 Які типи взаємодій існують у природі? Які характеристики цих взаємодій Ви знаєте?
- 128 Які явища природи визначаються кожним типом фундаментальних сил?
- 129 Закон всесвітнього тяжіння. Покажіть, що закони Кеплера (закони обертання планет навколо Сонця) випливають із закону всесвітнього тяжіння.
- 130 Які залежності періодів обертання і відстаней від центру випливають із закону всесвітнього тяжіння? Закон всесвітнього тяжіння й астрономічні моделі Всесвіту.
- 131 Що є джерелом доцентрової сили для планет? Розрахуйте висоту стаціонарного супутника, тобто такого супутника, що висить над однієї точкою поверхні.
- 132 Закон всесвітнього тяжіння. Як виявляє себе всесвітнє тяжіння в нашому житті?
- 133 Гравітаційна й інертна маси. Принцип еквівалентності.
- 134 Поясніть поняття інертної і гравітаційної мас. Виходячи з яких фактів впливає твердження про їхню еквівалентність? Що б змінилося в навколишньому світі, якби ці маси не були пропорційними одна одній?
- 135 Закони збереження імпульсу і моменту імпульсу в мікро-, макро- і мегасвітах.
- 136 Прокоментуйте закони збереження при взаємодії куль із різними і однаковими масами. Де краще сховатися під час вибуху нейтронної бомби: за стіною зі свинцю або за стіною з парафіну?
- 137 Закони збереження. Яку роль відіграють закони збереження в науці і житті?
- 138 Використання законів збереження імпульсу і моменту імпульсу в сучасній цивілізації.
- 139 В яких видах спорту і яким чином використовуються закони збереження імпульсу і моменту імпульсу?
- 140 Сформулюйте основні закони механіки поступального руху та вкажіть межі їх застосовності.

- 141 Основні закони механіки Ньютона.
- 142 Обертальний рух. Його характеристики і закони.
- 143 Роль законів збереження імпульсу і моменту імпульсу у вивченні мікрочастинок.
- 144 Дайте визначення механічної роботи. В яких випадках дія на тіло сили приводить до позитивного, від'ємного та нульового значень роботи?
- 145 Поясніть поняття потенціальної ями. На якій відстані від Землі (Сонця) повинен знаходитися початок відліку, щоб можна було з математичною точністю стверджувати, що ми знаходимося в потенціальному полі Землі, Сонця?
- 146 Потенціальна яма. Якому значенню відстані електрона від ядра відповідає нульове значення потенціальної енергії в рамках моделі "електрон знаходиться в потенціальній ямі ядра атома"?
- 147 Постулати спеціальної теорії відносності. Які наслідки СТВ Ви знаєте?
- 148 Структурні рівні матерії у фізиці.
- 149 Закони збереження енергії, імпульсу і моменту імпульсу. Їх роль для науки і техніки.
- 150 Перелічіть явища і наукові факти, які призвели до необхідності створення релятивістської механіки (СТВ). Що таке СТВ?
- 151 Сформулюйте постулати СТВ. Які наслідки СТВ ви знаєте?
- 152 Зв'язок між масою й енергією в СТВ. Наведіть приклади застосування цього співвідношення.
- 153 В чому сутність парадокса близнюків?
- 154 Що таке спеціальна теорія відносності (СТВ)? Які наслідки СТВ ви знаєте?
- 155 Порівняйте перетворення Галілея, які покладені в основу механіки Ньютона (класичної механіки) та перетворення Лоренца (СТВ).
- 156 Основні ідеї загальної теорії відносності (ЗТВ).
- 157 Прокоментуйте роль загальної теорії відносності в створенні сучасної моделі Всесвіту.
- 158 Як впливає гравітація на геометрію простору згідно з основами загальної теорії відносності? До яких фантастичних з точки зору пересічних громадян явищ у Космосі це приводить?
- 159 Поясніть поняття сингулярності в мікро- та мегамасштабах.
- 160 Які ідеї покладено в основу загальної теорії відносності (ЗТВ)? Які експериментальні факти свідчать на користь ЗТВ?

2 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ФІЗИКИ МІКРОСВІТУ І МАКРОСВІТУ

2.1 МІКРОСВІТ І ЙОГО ЗАКОНИ

Стан і рух мікрооб'єктів описуються в рамках польової картини Світу, що ґрунтується на новій фізичній теорії. За відкриття кванта дії у 1918 р. Планку була присуджена Нобелівська премія з фізики. Це відкриття привело до створення квантової механіки, що стала початком нової ери в природознавстві – ери квантової фізики.

В основу квантової механіки покладено фундаментально нові ідеї про квантування фізичних величин і корпускулярно-хвильовий дуалізм.

2.1.1 Формування ідеї квантування фізичних величин

Квантовими називаються фізичні величини, що можуть набувати лише визначених дискретних значень. Вираження фізичних величин через квантові числа називається квантуванням фізичних величин.

Ідея квантування сформувалася на основі ряду відкриттів наприкінці ХІХ - початку ХХ століття. Це були:

- відкриття Дж. Томсоном у 1897 р. електрона, заряд якого виявився елементарним, тобто найменшим існуючим у природі зарядом;

- закони теплового випромінювання: Кірхгофа, Віна, Стефана-Больцмана. Теорія теплового випромінювання, створена Джинсом і Релеєм, суперечила одному із найфундаментальніших законів природи - закону збереження енергії. У 1900 р. Планк на основі гіпотези квантування енергії створив несуперечну квантову теорію теплового випромінювання;

- встановлення Столетовим законів фотоефекту;

- відкриття в 1909 р. Резерфордом планетарної моделі атома, існування якого в рамках класичної механіки було неможливе. У 1913 р. Н.Бор створює першу квантову теорію атома, обґрунтовуючи як можливість його існування, так і лінійчасті спектри атомів;

- у 1924 р. Луї де Бройль поширив ідею корпускулярно-хвильового дуалізму на речовину, висунувши гіпотезу про те, що подвійність не є особливістю одних тільки оптичних явищ, але має універсальне значення.

Сучасна фізика мікросвіту базується на уявленнях:

- Корпускулярно-хвильовий дуалізм матерії.
- Співвідношення невизначеностей Гейзенберга.
- Рівняння Шредінгера.
- Квантування фізичних величин.
- Протонно-нейтронна структура ядра, існування якого обумовлене наявністю іншої, ніж електромагнітна, взаємодії – сильної взаємодії.

У квантовій фізиці мікрочастинка - квантовий об'єкт (це не частинка і не хвиля, навіть не те й інше одночасно). Квантовий об'єкт - це щось третє, яке не дорівнює простій сумі властивостей хвилі і частинки. Ми не можемо описувати властивості мікрооб'єкта, не використовуючи понять класичної фізики: частинка і хвиля, тому що робити висновки про властивості мікрочастинки ми можемо тільки за результатом її взаємодії з класичним приладом (макрооб'єктом). Тому ми повинні використовувати два різних типи приладів: один для вивчення хвильових властивостей об'єкта, інший – квантових. Ці властивості не сумісні, але вони реально характеризують мікрооб'єкт і тому не виключають, а доповнюють одна одну. У цьому полягає сутність принципу доповнення Н.Бора – одного з найбільш значущих методологічних принципів сучасного природознавства (1927 р.)

Принцип доповнення Бора виходить далеко за рамки суто фізичної науки.

Класична фізика виходить із припущення, що будь-яке явище можна спостерігати без помітного впливу на нього. У квантовій механіці це не так! Усяке спостереження квантових явищ супроводжується такою їх взаємодією із засобами спостереження, якими не можна нехтувати. Якщо ми хочемо спостерігати, що являє собою мікрооб'єкт, то ми повинні виключити усякий вплив на нього, але тоді спостереження буде неможливим. Якщо ж ми спостерігаємо за квантовою системою, то вона взаємодіє із засобами спостереження, отже, “однозначне визначення стану системи стає вже неможливим”.

Спробуємо поширити принцип доповнення на всі області пізнання. Як було зазначено раніше наука і мистецтво - два шляхи пізнання Світу. Обидва шляхи ведуть до Істини, але жоден не є повним. Науковий метод - це логіка й експеримент. Мистецтво - інтуїція, осяяння, почуття, але щира наука - це мистецтво, а мистецтво містить елементи науки, тобто обидва підходи не виключають, а доповнюють один одного.

2.1.2 Структура ядра і ядерні реакції

Ядро атома - це його центральна частина, у якій зосереджена практично вся маса атома. Ядро атома складається з елементарних частинок: протонів і нейтронів, названих нуклонами.

Протон (p) має позитивний заряд, що дорівнює за модулем заряду електрона $q_p = +|e| = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$, і масу $m_p = 1.673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1836m_e$.

Число протонів (Z) у ядрі дорівнює числу електронів в атомі і відповідає порядковому номеру хімічного елемента в таблиці Менделєєва. Число протонів Z називають зарядовим числом.

Нейтрон - незаряджена частинка ($q_n = 0$) і маса нейтрона $m_n = 1.675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1838.5 \cdot m_e$ близька до маси протона. Число нейтронів (N) і протонів (Z) у ядрі дорівнюють масовому числу (A) - числу нуклонів :

$$A = Z + N .$$

Для позначення ядер застосовується такий запис :

${}_Z^AX$ чи ${}_Z^AX$, де X символ хімічного елемента. Ядра з однаковим числом протонів, але різним числом нейтронів називають ізотопами, наприклад, водень має три ізотопи: ${}_1^1\text{H}$ - водень, ${}_1^2\text{H}$ - дейтерій, ${}_1^3\text{H}$ - тритій.

Нуклони в ядрі утримуються за рахунок сильної (ядерної) взаємодії, що компенсує сили електростатичного відштовхування. Властивості ядерних сил відрізняються від властивостей гравітаційних та електромагнітних сил. Наведемо деякі з них.

1 Ядерні сили - близько діючі, радіус їхньої дії дорівнює $\sim 10^{-15} \text{ м}$. На цих відстанях вони є силами притягання, при значному зменшенні відстані між нуклонами притягання змінюється відштовхуванням.

2 Ядерні сили діють як між зарядженими, так і між нейтральними частинками, тобто вони мають властивість зарядової незалежності.

3 Ядерні сили мають властивість насичення, тобто кожен нуклон у ядрі взаємодіє лише з обмеженою кількістю найближчих до нього нуклонів. Це виявляється в існуванні так званих "магічних чисел" (тобто числа протонів і нейтронів, при яких ядра виявляються особливо стабільними). "Магічними" є такі числа: для протонів - 2, 8, 14, 20, 28, 50 і 82, для нейтронів - 2, 8, 14, 20, 28, 50, 82 і 126. Можливо, що при цих числах протонів (чи нейтронів) створюються цілком заповнені шари

або оболонки подібно до того, як електрони заповнюють електронні оболонки атомів.

4 Ядерні сили не є центральними і залежать від орієнтації спінів нуклонів.

5 Ядерні сили мають обмінний характер, тобто обумовлені обміном віртуальними частинками. Віртуальними називаються частинки, які не можуть бути виявлені за час їхнього існування. Ідея обмінного характеру ядерних сил була висунута в 1934 р. радянським фізиком І.С. Таммом. У 1935 р. японський фізик Х. Юкава розрахував теоретично характеристики віртуальних частинок ядерної взаємодії. Їх маса спокою повинна дорівнювати 200-300 масам електрона. Ці частинки одержали назву “мезонів”, а в 1936 р. у космічному випромінюванні були виявлені частинки з $m = 207 \cdot m_e$, названі μ - мезонами (мюонами), ці частинки “запідозрили” у тому, що вони є носіями ядерних сил. Однак виявилось, що мюони слабо взаємодіють із нуклонами і не можуть забезпечити ядерну взаємодію. Нарешті, у 1947 р. знову ж у космічних променях був відкритий π - піон (пімезон). Існує 3 види піонів з масами $m_{\pi^+} = m_{\pi^-} = 273 \cdot m_e$ і $m_{\pi^0} = 264 \cdot m_e$. Тривалий час їх вважали носіями ядерної взаємодії, але з розвитком кваркової теорії з'ясувалося, що це не так. Сучасна ядерна фізика вважає фундаментальними переносниками ядерної взаємодії глюони. Глюони – це нейтральні частинки зі спіном, який дорівнює одиниці, і нульовою масою спокою. Вони є переносниками сильної взаємодії між кварками.

Для того щоб зруйнувати ядро на нуклони необхідно витратити енергію, яку називають енергією зв'язку ядра. Енергія зв'язку ядра визначається за формулою Ейнштейна $E = \Delta m c^2$, де $c = 10^8 \frac{m}{c}$ – швидкість світла у вакуумі; Δm – дефект маси.

Дефектом маси називають різницю між масою нуклонів, з яких складається ядро, і масою стабільного ядра m_z :

$$\Delta m = z \cdot m_p + N \cdot m_n - m_z.$$

Енергію зв'язку звичайно розраховують у мегаелектронвольтах (МеВ).

$$1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Дж.}$$

Енергія зв'язку на один нуклон визначає в кінцевому підсумку енергію будь-якої ядерної реакції.

Ядерні реакції – це реакції перетворення ядер одних хімічних елементів на ядра інших елементів. Ядерні реакції супроводжуються виділенням чи поглинанням енергії. Розрізняють два типи ядерних реакцій: реакції синтезу і реакції поділу. Під час ядерних реакцій виконуються закони збереження: сумарного електричного заряду, числа нуклонів, енергії, імпульсу, моменту імпульсу. Всі ядерні реакції характеризуються енергією, яка виділяється або поглинається в процесі їх перебігу.

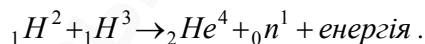
Радіоактивність – це ядерна реакція самочинного розпаду нестабільних ядер. Була відкрита в 1896 р. Беккерелем.

За законом радіоактивного розпаду частинок стверджується, що в будь-який момент часу розпадається одна і та сама частина радіоактивних ядер. Це приводить до того, що число (N_0) радіоактивних ядер зменшується за експонентою:

$$N = N_0 e^{-\lambda t},$$

де N – число ядер, що не розпалися у момент часу t ; N_0 - число ядер, що не розпалися у початковий момент часу $t = 0$. Період напіврозпаду для відомих у даний час радіоактивних ядер змінюється в межах від $3 \cdot 10^{-7} c$ до $5 \cdot 10^{15}$ років.

Ядерним синтезом називається процес злиття ядер легких елементів з утворенням більш важких ядер. Оскільки ядерні сили мають малий радіус дії ($r \sim 10^{-15} m$), то для здійснення реакції синтезу необхідно зблизити ядра на такі відстані. Але ядра заряджені позитивно і сили кулонівського відштовхування будуть перешкоджати їхньому зближенню, тому ядрам необхідно надати кінетичну енергію, що досягається при дуже високих (порядку 10-100 млн. К) температурах. Тому ядерні реакції синтезу називають **термоядерними реакціями**. Термоядерні реакції є джерелом енергії Сонця й інших зірок. У реакціях ядерного синтезу виділяється величезна енергія, яку легко підрахувати, знаючи енергію зв'язку вихідних ядер. Наприклад, при злитті ізотопів водню (дейтерію (${}_1H^2$) і тритію (${}_1H^3$)) утворюється ядро гелію (${}_2He^4$):



Усі відомі елементи були утворені в зірках у процесі ядерного синтезу, що проходить у дві фази: "спокійній" і "вибуховій". Велика кількість важких ядер утворюється при повільній "спокійній" фазі ядерного синтезу, під час якої в міру "вигорання" синтезуються усе більш

важкі ядра. Цей процес продовжується мільярди років. Коли зірка, маса якої більша за певну визначену величину, вичерпує свій запас ядерного "палива" (водню), вона починає охолоджуватися і під впливом гравітаційних сил стискується, а потім відбувається вибух, при якому зірка розігривається до декількох мільярдів градусів, що приводить до синтезу більш важких елементів (синтезуються всі елементи таблиці Менделєєва). При цьому зірка викидає велику частину своєї маси в міжзоряне середовище. Ця речовина, що викидається, містить синтезовані важкі елементи, без яких неможливе утворення планет, подібних до Землі, і не може виникнути життя, подібне до нашого. Таким чином, зірки, що "вмирають", створюють одну з необхідних умов життя.

Ядерним поділом називається процес розщеплення ядра важкого елемента на осколки. Справа в тім, що ядра деяких важких елементів є нестабільними через те, що складаються з великої кількості нуклонів. Це спричиняє їхній спонтанний розпад, як, наприклад, у ядер урану 235.

Починаючи з відкриття штучної радіоактивності в 1934 році Е.Фермі, почалося вивчення можливості ланцюгової ядерної реакції поділу. Виявилось, що бомбардування важких ядер нейтронами приводить до реакції поділу. І в 1938 – 1939 рр. німецькі фізики Ган і Штрассман установили, що при бомбардуванні урану нейтронами, його ядро ділиться на два (рідше три) осколки з виділенням великої кількості енергії. Оскільки при одному акті поділу випускається 2 - 3 нейтрони, то в масі урану зароджується ланцюгова ядерна реакція. При цьому при кожному поділу одного ядра виділяється близько 200 МеВ енергії. Якщо ланцюгова ядерна реакція відбувається при масах урану 235, більших ніж певне значення, назване критичною масою, то реакція набуває вибухового характеру і виділення енергії здійснюється за час, менший за 1 мкс (10^{-6} с).

Завдання управління і контролю ланцюговою ядерною реакцією виникло при розробці та експлуатації ядерних реакторів і є самостійною наукою в рамках ядерної енергетики.

За даними міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ) більш ніж у тридцятьох країнах світу діють чи знаходяться в стадії будівництва або проектування більше 600 промислових ядерних реакторів.

2.1.3 Основні частинки речовини - елементарні частинки

Всі об'єкти навколишнього світу складаються з певних частинок, що розглядаються у сучасній фізиці як первинні основні частинки – “елементарні” частинки. Починаючи з 1933 року, було відкрито приблизно 400 елементарних частинок і цей процес продовжується. Елементарні частинки і їхні античастинки вдалося класифікувати на три групи: фотони, адрони та лептони.

Фотон – це квант електромагнітної взаємодії з масою спокою, яка дорівнює нулю, фотон має швидкість у вакуумі $c = 10^8 \text{ м/с}$.

Частинки двох інших груп пов'язані з речовиною.

Це група важких частинок – **адронів**. Адрони складають основну частину елементарних частинок. Вони підрозділяються на два класи: клас мезонів (піони, каони і т.п.) і клас баріонів (нуклони, гіперони). Як відомо, атомні ядра складаються з нуклонів. Група легких частинок називається лептонами. До лептонів належать електрон, мюон, таон і відповідні їм нейтрино.

Оскільки маса елементарних частинок мала, то її прийнято виражати кількістю речовини, близькою до маси нуклона, названої атомною одиницею маси (а.о.м):

$$1 \text{ а.о.м} = 1,6 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

Елементарні частинки можуть бути нейтральними або мати позитивний чи від'ємний заряд, який дорівнює елементарному заряду:

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$$

Найбільш важливими з точки зору будови матерії є протони і нейтрони (складові частини ядра) та електрони (з яких складається оболонка, що оточує ядро).

Поряд з частинками, що визначають структурні властивості матерії, існує величезна кількість нестабільних частинок, що з'являються в перетвореннях нуклонів під час їх зіткнень при більших енергіях.

Елементарні частинки мають ряд властивостей (заряд, спін, тип розпаду), що дозволяють класифікувати їх за категоріями, групами і сімействами. Усім цим різним частинкам відповідають античастинки, з зарядом, що дорівнює за модулем заряду відповідних частинок, але має протилежний знак, і трохи відмінні властивості.

При зіткненні частинки й античастинки відбувається їхня анігіляція; при цьому маси обох частинок перетворюються в електромагнітну енергію γ - випромінювання.

У 1964 році М. Гелл-Манн і Дж. Цвейг висунули гіпотезу, згідно з якою всі адрони побудовані з найпростіших (фундаментальних) частинок, їх назвали кварками. Відповідно до сучасного варіанта кваркової моделі всі адрони розглядаються як комбінації шести (дев'яти?) фундаментальних частинок – кварків і відповідних їм антикварків у станах з визначеним моментом імпульсу. Заряд кварка може дорівнювати $\frac{1}{3}$ та $\frac{2}{3}$ заряду електрона. В адронах кварки мають надзвичайно велику енергію зв'язку, тому вони не можуть спостерігатися як самостійні об'єкти. За сучасними уявленнями кварки не мають внутрішньої структури, в цьому розумінні вони є істинно елементарними фундаментальними частинками.

Здатність елементарних частинок до взаємних перетворень з дотриманням законів збереження дозволяє припускати наявність єдиного загального поля, різними “квантовими станами” якого і є ці частинки. Нове покоління фізиків сподівається, що об'єднана теорія пояснить сильну, слабку і гравітаційну взаємодії з позицій єдності світобудови.

2.2 ЕЛЕМЕНТИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ І ТЕРМОДИНАМІКИ

Механіка вивчає різні види механічного руху одних тіл щодо інших без урахування внутрішньої структури цих тіл. При цьому припускається, що тіла є системами матеріальних точок, жорстко зв'язаних між собою. Предметом вивчення молекулярної фізики є структура речовини на молекулярно-атомарному рівні. Теорія будови речовини – молекулярно-кінетична теорія (МКТ) - ґрунтується на припущенні, що всі речовини складаються з маленьких частинок - атомів і молекул, які хаотично рухаються. При цьому між молекулами існують сили притягання і відштовхування. Експериментальним підтвердженням МКТ є явище броунівського руху, процес дифузії та ін. МКТ пояснює природу теплопровідності, теплового розширення тіл. З погляду МКТ структура речовини і характер руху її молекул у газоподібному, рідкому та твердому станах - різні.

У розріджених газах молекули настільки віддалені одна від одної, що сили взаємодії між ними практично відсутні. Для опису харак-

теру руху молекул таких газів використовують модель ідеального газу. Рух молекул газу є хаотичним.

У твердих кристалічних тілах сили взаємодії між молекулами настільки великі, що забезпечують упорядковану структуру атомів і молекул, які виконують коливання у вузлах кристалічних ґраток.

Найбільш складний характер має рух молекул у рідинах, оскільки рідини займають проміжне положення між газами і кристалічними тілами. Для рідин є характерним так званий ближній порядок. Це означає, що кожна молекула коливається біля певного положення рівноваги, але час від часу перескакує на місце однієї з сусідніх молекул. Таким чином, молекули у рідині виконують коливання і одночасно рухаються по об'єму рідини, причому поступальний рух молекул у рідині має хаотичний характер.

Розміри молекул є дуже малими в порівнянні з розмірами тіл, наприклад, радіус атома водню порядку 10^{-10} м. Отже, число молекул у будь-якому тілі є дуже великим. Це означає, що часто неможливо (і не потрібно) простежити рух кожної частинки, тому до вивчення молекулярної структури тіл можна підходити подвійно. З одного боку, не вникаючи в подробиці молекулярної структури і характеру руху молекул, описувати стан системи молекул за допомогою макропараметрів: тиску, густини, температури, теплоти, енергії, ентропії і т.п. Такий метод вивчення називають термодинамічним, а розділ фізики, що вивчає співвідношення між цими параметрами (термодинамічними параметрами), називається **термодинамікою**. З іншого боку, можна досліджувати мікростани не окремих молекул, а оперувати певними середніми параметрами: середньою швидкістю, середньою енергією, середньою довжиною вільного пробігу і т.п. Такий метод називається статистичним, а відповідний розділ фізики - статистичною фізикою (іноді кінетичною теорією).

Термодинамічні параметри. Тиск (p) – це сила, що діє на одиницю площі поверхні перпендикулярно до неї:

$$p = dF/dt.$$

Температура (Т) характеризує ступінь нагрітості тіла. Найбільш відомими шкалами є шкала Цельсія, абсолютна шкала Кельвіна і шкала Фаренгейта.

Рівнянням стану газу в термодинаміці називають рівняння, що зв'язує основні термодинамічні параметри: $f(p, V, T) = const$.

Прикладом такого рівняння є рівняння Менделєєва – Клапейрона, основне рівняння МКТ і т.п.

Наша планета Земля оточена повітряною оболонкою – атмосферою, висота якої складає кілька сотень кілометрів. Чисельне значення атмосферного тиску на рівні моря ($h = 0$):

$$p_0 = 1.01 \cdot 10^5 \text{ Па} = 1 \text{ атмосфери} = 760 \text{ мм рт.ст.} = 1 \text{ Бар.}$$

Тиск атмосфери дуже залежить від висоти над рівнем моря і виражається барометричною формулою

$$p = p_0 \cdot e^{-\frac{Mgh}{RT}}$$

Бачимо, що тиск зі збільшенням висоти над рівнем моря падає за експонентою.

Людський організм може існувати тільки у визначеному інтервалі тисків (від декількох атмосфер до 0,5 атм.).

2.2.3 Основні закони термодинаміки

В основу термодинаміки покладено 2 закони.

Перший закон термодинаміки є законом збереження енергії в термодинаміці. Кількість теплоти ΔQ , передана системі, витрачається нею на зміну внутрішньої енергії ΔU і здійснення механічної роботи A : $\Delta Q = \Delta U + A$.

Другий закон термодинаміки - це фундаментальний закон природи. Він визначає спрямованість процесів у природі. З погляду термодинаміки Всесвіт розглядається як сукупність систем взаємодіючих між собою частинок. Розрізняють замкнуті і відкриті системи. **Замкнутою** називається система, що не обмінюється з зовнішнім середовищем ні енергією, ні речовиною, ні інформацією. **Відкритими** є всі інші системи. Процеси, що відбуваються в таких системах, за своїм характером можуть бути **оборотними** і **необоротними**. Оборотним називається процес, якщо: 1) його однаково легко можна провести в двох протилежних напрямках; 2) у кожному із цих напрямків система проходить через ті самі проміжні стани; 3) після проведення прямого і зворотно-

тного процесів (циклів) і система, і зовнішнє середовище повертаються у вихідний стан.

Можна навести безліч прикладів процесів у відкритих системах, що задовольняють перші дві умови. Наприклад, танення льоду навесні та замерзання його узимку. І хоча з водою відбуваються оборотні зміни, енергія, що вивільняється при замерзанні води, не повертається назад Сонцю. Аналогічна картина спостерігається при роботі теплових машин із замкнутим циклом.

Другий закон термодинаміки забороняє пряме перетворення внутрішньої (теплової) енергії в механічну. Існує чотири математично еквівалентних формулювання II закону термодинаміки:

- 1 Не існує вічного двигуна другого роду, тобто машини, єдиним результатом роботи якої було б виконання механічної роботи тільки за рахунок охолодження одного джерела теплоти (наприклад, океану, що має колосальний запас внутрішньої енергії, без передачі тепла більш холодному тілу).
- 2 При тепловому контакті неможливий самочинний перехід від більш холодного тіла до більш гарячого.
- 3 Ніяка тепла машина періодичної дії не може мати ККД, що перевищує ККД ідеальної теплової машини, яка працює за циклом Карно.
- 4 Ентропія замкнутої системи не може зменшуватися: $\Delta S \geq 0$. Іноді другий закон термодинаміки називають законом зростання ентропії.

Чим більша ентропія системи, тим більшим числом способів (мікростанів) може реалізуватися макростан даної системи, тому ентропія є мірою невпорядкованості (хаосу) системи багатьох частинок.

У статистичній термодинаміці ентропія – це фізична величина, що характеризує спрямованість процесів у природі (закон зростання ентропії).

Становить особливий інтерес аналіз відкритих систем, які перебувають у нерівноважному сильно упорядкованому стані. Кожен окремий живий організм – це відкрита система, яка для підтримки своєї ентропії на низькому рівні віддає теплову енергію в навколишнє середовище.

Другий закон термодинаміки в його формулюванні через поняття ентропії має такий зміст: самоупорядкування замкнутої системи приводить її до хаосу - стану термодинамічної рівноваги як найбільш ймовірному. Але II закон термодинаміки виявляється непридатним для аналізу процесів у Всесвіті, де з холодних туманностей виникають га-

рячі зірки. Йому суперечить і той факт, що всім реальним системам з безладом властиві упорядкування і самоорганізація. Дивно, але факт: хаос може приводити до порядку. Це означає, що порядок і хаос – два аспекти одного явища, вони взаємозалежні.

У 70-х роках ХХ століття виникла наука, що вивчає процеси самоорганізації в складних відкритих нерівноважних системах. Це **синергетика**. Виникнення порядку з хаосу згідно з синергетичними уявленнями – це процес самоорганізації матерії на основі випадкового пошуку. І в цьому полягає сутність еволюції Всесвіту.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

- 201** Як Ви розумієте корпускулярно-хвильовий дуалізм? Наведіть приклади.
- 202** У чому сутність співвідношень невизначеностей Гейзенберга? Як Ви розумієте слова Річарда Фейнмана: "...мікрочастинки не схожі ні на що із того, що Вам хоч коли-небудь доводилося бачити"?
- 203** Корпускулярно-хвильовий дуалізм світла і речовини. Принцип доповнення Бора.
- 204** Рівняння Шредінгера і його значення для розвитку сучасної науки. Який фізичний зміст хвильової функції?
- 205** Що таке квант? Яку роль у фізиці відіграє квантування фізичних величин?
- 206** Електрони в атомі. Квантові числа. Принцип Паулі.
- 207** Співвідношення невизначеностей і границі застосовності класичної механіки.
- 208** Опис стану і руху мікрооб'єктів у квантовій механіці.
- 209** Основні поняття і принципи корпускулярно-польової картини Світу. Їхня стисла характеристика.
- 210** В чому виражається корпускулярно-хвильовий дуалізм стосовно частинок - електронів, нуклонів, фотонів та ін.? Підрахуйте довжину хвилі де Бройля для кожної з цих частинок, а також для людини під час ранкової пробіжки? Що можна сказати про вимірність довжин цих хвиль?
- 211** Як було відкрито реакцію розщеплення ядер урану і яке значення має це відкриття для долі людства?
- 212** Які методи використовувалися для вивчення будови ядра?

- 213 Який склад ядра? Які сили утримують нуклони в ядрі? Які моделі будівлі ядер Ви знаєте?
- 214 Ядерна модель атома. Постулати Бора. Чим було викликано відмову від планетарної моделі Резерфорда?
- 215 Ядерні реакції. Ядерний поділ і ядерний синтез.
- 216 Дайте визначення термоядерної реакції. Яку роль відіграють ці реакції у Всесвіті?
- 217 Атомне ядро. Ядерна енергія та її вивільнення.
- 218 Як відбувається утворення елементів у Всесвіті за моделлю Великого Вибуху? Поясніть розповсюдження хімічних елементів у Сонячній системі.
- 219 Ядро. Ядерний поділ та ядерний синтез.
- 220 Основи ядерної енергетики. Проблеми ядерної енергетики.
- 221 Які елементарні частинки Вам відомі? Яка їхня роль і наскільки вони є елементарними? Як вивчаються елементарні частинки?
- 222 Фундаментальні частинки: лептони, кварки і носії фундаментальних взаємодій.
- 223 У чому сутність кваркової моделі?
- 224 Сутність явища ядерного магнітного резонансу.
- 225 Які види ядерного випромінювання Ви знаєте? Охарактеризуйте їх.
- 226 Чим займається дозиметрія? Дайте визначення дози випромінювання, дози поглинання, біологічної дози?
- 227 Біологічна дія радіоактивного випромінювання. Чому живі істоти хворіють або гинуть від ядерного випромінювання?
- 228 Генетичні і соматичні ефекти радіації. Що таке гранична доза? Чи існують граничні дози для генетичного впливу радіації?
- 229 Хто створив ядерну бомбу? Як вплинуло створення ядерної зброї на долю людства?
- 230 Що дало б людству створення керованої ядерної реакції?
- 231 На яких принципах засновано вимірювання температури? Які шкали Вам відомі і як вони співвідносяться?
- 232 Поясніть поняття "температури" і "теплоти". Чи можна передати деяку кількість теплоти тілу, не підвищуючи його температури?
- 233 Поясніть поняття "фази" і "фазового переходу". Які фазові переходи відносять до фазових переходів першого і другого роду, що покладено в основу такої класифікації? Наведіть приклади.

- 234 Як визначається газ через мікро- та макровеличини? Чи пов'язані вони, якщо так, то яким чином? Опишіть модель ідеального газу. Поясніть різницю у швидкості поширення запаху парфумів і аміаку.
- 235 Перший закон термодинаміки. Поняття про внутрішню енергію системи. Якими способами її можна змінити?
- 236 Вічний двигун першого роду – утопічна мрія людства чи ознака невігластва?
- 237 Покажіть, як із першого і другого законів термодинаміки впливає неможливість одержання корисної роботи від вічних двигунів першого і другого роду.
- 238 Теплові двигуни. Їх ККД. Теплове забруднення навколишнього середовища.
- 239 Поняття оборотних і необоротних процесів у термодинаміці. Замкнуті та відкриті системи. Яким законам підпорядковуються процеси, що відбуваються в замкнутих і відкритих термодинамічних системах.
- 240 Двигуни внутрішнього згоряння та їх ККД. Теплове забруднення навколишнього середовища.
- 241 Що є спільного між різними процесами перетворення теплової енергії в механічну? Ідеальний цикл Карно і реальні машини. Яким пристроям відповідає прямий, а яким зворотний цикл? Наведіть приклади.
- 242 Поясніть, чому надлишкова кількість їжі призводить до ожиріння. Звідки береться енергія для життя і яку роль відіграє АТФ у цьому процесі?
- 243 Принципи раціонального харчування. Роль раціонального харчування в житті людей.
- 244 Макроскопічні тіла. Зв'язок частинок речовини та їх тепловий рух у різних агрегатних станах. Фазові переходи.
- 245 Поясніть гіпотезу "теплової смерті" Всесвіту. Яким є сучасний погляд на цю проблему?
- 246 Ентропія і II закон термодинаміки. Стріла часу.
- 247 Закони термодинаміки для замкнутих і відкритих термодинамічних систем. Синергетика.
- 248 Нетрадиційні (альтернативні) джерела енергії.
- 249 Основні положення МКТ. Поясніть різницю у швидкостях поширення запаху парфумів і аміаку.

- 250 Що таке ступінь вільності? Спробуйте підрахувати, скільки ступенів вільності має людська рука.
- 251 Дайте визначення фазових переходів. Наведіть приклади фазових переходів першого і другого роду.
- 252 Рідини. Особливості їхньої будови. Властивості рідин. Явища змочування і капілярності.
- 253 Модель ідеального газу. Рівняння стану ідеального газу.
- 254 Сформулюйте закони Паскаля й Архімеда. Гідравлічний прес. Умови плавання тіл.
- 255 Що спричиняє атмосферний тиск? Способи вимірювання атмосферного тиску. Барометрична формула. Як впливає зміна тиску на людський організм?
- 256 Основні ідеї статистичної фізики. Сформулюйте закон рівномірного розподілу енергії за ступенями вільності.
- 257 Як використовуються такі закони статистичної фізики, як розподіл Максвелла та розподіл Больцмана?
- 258 Як змінюється ентропія в замкнених і відкритих системах у залежності від характеру процесів? Наведіть приклади.
- 259 Які формулювання другого закону термодинаміки Ви знаєте? Поясніть роль цього закону.
- 260 Що спричиняє теплове забруднення навколишнього середовища? До яких наслідків воно призводить?

2.3. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ФІЗИКИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВЗАЄМОДІЙ

Фізика електромагнітних взаємодій є, мабуть, найважливішим розділом фізики. Справа в тім, що електромагнітна взаємодія обумовлює більшість явищ нашого життя. Звичайно, для нас дуже важлива гравітація, а от ефекти сильної і слабкої взаємодій настільки "глибоко" заховані в ядрі, що ми практично їх ніколи не спостерігаємо. Електромагнітна взаємодія забезпечує існування речовини на атомарно-молекулярному рівні: вона утримує електрони біля ядер і основою природи хімічного зв'язку. Але якщо молекулярні сили мають електромагнітну природу, то і значна частина біологічних явищ визначається цим видом взаємодій. Сили в повсякденному житті також мають електромагнітний характер – це сили тертя, пружності, теплового розширення та ін. Крім

того, електромагнітна енергія може існувати і поширюватися у вигляді електромагнітних хвиль. Електромагнітні хвилі - це радіохвилі, телебачення, світло, теплове і рентгенівське випромінювання. Електромагнітні явища не просто поєднують електричні та магнітні ефекти. Тут варто підкреслити, що електрика і магнетизм – це одне і те саме явище, і для того, щоб перейти від магнітних ефектів до електричних і навпаки, досить змінити систему відліку. Те, що для одного спостерігача є електричним полем, для іншого - може бути магнітним. При цьому величина електромагнітних сил залежить від відносної швидкості джерела і спостерігача.

Джерелом електромагнітної взаємодії є електричний заряд. Історично розрізняють електростатику і магнетизм.

2.3.1 Електростатика

У системі відліку, в якій заряди не рухаються, буде існувати електростатичне поле. Заряд є такою самою фундаментальною властивістю матерії, як і маса. Відомо, що заряди бувають двох типів – "знаків". Їх умовно назвали "позитивними" і "негативними". Експерименти показують, що у жодної зарядженої частинки не може бути заряду меншого чи такого, що дорівнює дробовому числу заряду електрона (протона), тобто $q = \pm Ne$, де $N=0, 1, 2, 3, \dots$ і $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд електрона (протона) – елементарний електромагнітний заряд. Одиницею електричного заряду є 1 кулон: $[q] = 1 \text{ Кл}$.

Одним із фундаментальних законів природи є **закон збереження електричного заряду**, сформульований у 1747 р. Франкліном: повний заряд у замкнутій системі не змінюється:

$$\sum_{i=1}^N (q_+ + q_-)_i = \text{const} .$$

Електростатика базується на законі взаємодії точкових зарядів – **законі Кулона** (1785 р.): два точкових заряди взаємодіють із силами прямо пропорційними добутку цих зарядів і обернено пропорційними квадрату відстані між ними:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2} ,$$

де ϵ – діелектрична проникність середовища. Сили Кулона є **центральними**, тобто вони діють уздовж прямої, що з'єднує заряди. У випадку

однойменних зарядів це будуть сили відштовхування, а різнойменних – притягання.

Електрична взаємодія між зарядами передається за допомогою **електричного поля**. Для кількісного опису електричного поля вводять поняття напруженості (\vec{E}) електричного поля і потенціалу (ϕ).

2.3.2 Електричний струм

Спрямований рух зарядів називають електричним струмом. Для характеристики електричного струму вводиться фізична величина – сила струму.

Одним з найважливіших в області електрики є відкритий Г.Омом у 1826 р. кількісний закон кола електричного струму – **закон Ома**: сила струму в провіднику прямо пропорційна напрузі на кінцях провідника і обернено пропорційна його опору:

$$I = \frac{U}{R}$$

чи у випадку замкнутого кола:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r},$$

де ε - електрорушійна сила джерела; r - його внутрішній опір.

Датський фізик Х. Ерстед у 1820 р. відкрив, що провідник зі струмом має магнітне поле. Це відкриття означало безпосередній зв'язок електричних і магнітних явищ. Досліджуючи теплову дію електричного струму, Д. Джоуль (1841 р.) і Е.Х. Ленц (1842р.) незалежно один від одного визначили кількість теплоти, що виділяється при проходженні струму (**закон Джоуля-Ленца**). І в 1831 р. М. Фарадей відкриває **закон електромагнітної індукції**, суть якого полягає в такому: магнітне поле, що змінюється, приводить до виникнення електричного поля (ЕРС індукції). Електрорушійна сила індукції у контурі прямо пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, який пронизує цей контур:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi}{dt}.$$

2.3.3 Магнетизм

Як відзначалося вище, навколо провідника зі струмом виникає магнітне поле. Джерелом магнітного поля є заряди, що рухаються.

Подібно до електричних зарядів, магніти можуть як притягатися, так і відштовхуватися, тому повинні існувати два роди "магнітних зарядів". Їх називають "полюсами", один - північним, а інший – південним. Якщо стрижневий магніт вільно підвісити, то він буде повертатися доти, доки не встановиться своєю віссю за напрямком північ - південь. Північним полюсом магніту за визначенням називається полюс, повернений до півночі, отже, Північний полюс Землі є південним полюсом земного магніту.

2.3.4 Магнітні властивості речовини

Оскільки заряди, що рухаються, є джерелами магнітних полів, то й атоми речовини повинні виявляти ті чи інші магнітні властивості. Для характеристики магнітних властивостей речовини вводять поняття магнітної проникності речовини μ . **Магнітна проникність** речовини показує, в скільки разів магнітне поле в речовині більше магнітного поля у вакуумі.

Дійсно, усередині кожного атома є електрони, що рухаються. Наявність власного магнітного поля електрона називається спіном. **Спін** - це одна із квантових величин, які описують властивості електрона в атомі. Виявляється, що спін електрона в атомі може мати тільки дві орієнтації, тому спіни електронів в атомі один щодо іншого можуть орієнтуватися або паралельно $\uparrow\uparrow$, або антипаралельно $\uparrow\downarrow$. І тут можливі 2 варіанти: або атом є "магнітиком", у цьому випадку речовина, що складається з таких атомів, називається парамагнетиком, або атом - не є "магнітиком" (спіни електронів скомпенсовані), у цьому випадку речовина називається діамагнетиком. Парамагнетики підсилюють зовнішнє магнітне поле, але через тепловий хаотичний рух атомів – "магнітиків" - це посилення незначне. Для парамагнетиків $\mu \geq 1$.

Атоми діамагнетиків не мають власних магнітних моментів, але при попаданні в магнітне поле в них індукуються магнітні моменти, що послаблюють зовнішнє поле, тому для діамагнетиків $\mu \leq 1$. Ні пара-, ні діамагнетики не можуть при звичайних температурах мати сильне магнітне поле, оскільки тепловий рух руйнує упорядковану орієнтацію спінів сусідніх атомів. Але виявляється, існують речовини, які мають винятково сильні магнітні властивості. Це феромагнетики: залізо, нікель і кобальт. Атоми феромагнетика мають настільки великі власні магнітні поля, що утворюють макроскопічні області (~1мкм) спонтан-

ної намагніченості - домени, що є постійними магнітами. Потрапляючи в магнітне поле, домени орієнтуються уздовж нього і зберігають стан намагніченості поза полем, тобто перетворюються в постійні магніти. Феромагнетики відіграють значну роль у техніці, наприклад, їх використовують осердя для соленоїдів трансформаторів.

2.3.5 Електродинаміка Максвелла

Відкриття Майклом Фарадеєм закону електромагнітної індукції поклато початок розумінню, що електричне і магнітне поля є двома сторонами одного явища. Джеймс Максвелл розвинув ідеї Фарадея, розробивши в 1865р. теорію електромагнітного поля, що не тільки змінила, але і розширила погляди фізиків на матерію і привела до створення електромагнітної картини Світу. Теорія електромагнітного поля Максвелла – класична електродинаміка знаменувала собою початок нового етапу у фізиці. Світ почав уявлятися електродинамічною системою, побудованою з зарядів, що взаємодіють за допомогою електромагнітного поля. В основу класичної електродинаміки покладено чотири рівняння Максвелла. Аналізуючи їх, Максвелл прийшов до таких висновків:

- 1 Повинні існувати електромагнітні хвилі, здатні поширюватися у вакуумі.
- 2 Швидкість поширення електромагнітних хвиль повинна дорівнювати швидкості світла. Отже, світло – це електромагнітна хвиля.
- 3 Максвелл передбачив і теоретично обчислив тиск електромагнітної хвилі (а отже, і світла).
- 4 Максвелл, розробивши електромагнітну картину Світу, завершив картину Світу класичної фізики.

2.4 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ОПТИКИ

Оптика вивчає утворення, поширення і взаємодію світла з речовиною.

Розглянемо положення видимого світла на шкалі електромагнітних хвиль. Людське око сприймає електромагнітні хвилі від 400 до 700 нм, і в цей незначний на шкалі електромагнітних хвиль інтервал потрапляють усі фарби світу!

Розрізняють хвильову і квантову оптику. Хвильова оптика розглядає світло як електромагнітну хвилю і базується на теорії Максвелла. Інтерференція, дифракція, поляризація світла, закони заломлення і відбивання, дисперсія – ось незначний перелік явищ в оптиці, що підтверджують хвильову природу світла.

Велику роль у оптиці відіграє поняття когерентного світла. **Когерентність** – це узгоджене проходження процесів. У загальному випадку світло являє собою не одну електромагнітну хвилю, а сукупність багатьох хвиль, коливання кожної з яких незалежне від коливань інших хвиль. Таке світло називається некогерентним. Якщо ж у пучку світлових хвиль коливання відбуваються узгоджено, так, що різниця фаз між коливаннями зберігається з часом, то таке світло називається когерентним. Інтерференційну (дифракційну) картину можна спостерігати тільки в когерентному світлі. Природні джерела світла відрізняються незначною когерентністю, тому є слабкими. У 60 – х роках ХХ сторіччя було створено потужні джерела когерентних хвиль – лазери.

Лазер – це оптичний квантовий генератор когерентного випромінювання.

Вияткові властивості когерентного лазерного випромінювання обумовили бурхливий розвиток лазерної техніки і широке застосування лазерів у наукових дослідженнях і в новітніх технологіях. Когерентне лазерне випромінювання відрізняється малою розбіжністю променів і має велику густину енергії у пучку, яка залежить від величини активного середовища і способу накачування. Сучасна техніка, медицина, засоби зв'язку неможливі без лазерних технологій.

2.4.1 Елементи квантової оптики

До початку ХХ сторіччя в оптиці нагромадився цілий ряд експериментальних фактів, які неможливо було пояснити в рамках класичної хвильової теорії світла. Це:

- 1 Закон теплового (ГЧ) випромінювання.
- 2 Лінійчасті спектри атомів.
- 3 Фотоефект.

У 1900 р. німецький фізик-теоретик М. Планк висунув гіпотезу: електромагнітне випромінювання випускається окремими порціями – **квантами**, величина енергії яких пропорційна частоті випромінювання:

$$E = h\nu, \text{ де } h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} - \text{постійна Планка.}$$

Гіпотеза Планка ознаменувала народження квантової фізики, зокрема квантової оптики. Таким чином, якщо в класичній фізиці вважалося, що енергія електромагнітного випромінювання може змінюватися безперервно і набувати будь-яких близьких значень, то відповідно до квантових уявлень вона може мати лише певні дискретні значення. Квантова фізика впевнено "пробивала собі дорогу" у фізичних уявленнях і світогляді фізиків. Якщо поняття атома речовини і дискретності заряду були дуже складними для розуміння, то дискретність енергії і дії стали для фізичної картини Світу початку ХХ століття справжнім "нокаутом".

У 1905 р. молодий А. Ейнштейн не тільки прийняв квантову гіпотезу Планка, але й розширив її, припустивши, що світло не лише випромінюється квантами, але і поширюється, і поглинається квантами. Це означає, що світло – це потік світлових частинок – фотонів, і це дозволило Ейнштейну написати закон збереження енергії для фотоелектру – відоме **рівняння Ейнштейна**:

$$h\nu = A + \frac{m\mathcal{G}^2}{2},$$

де $h\nu$ - енергія світлового кванта; A – робота виходу електрона з металу, що залежить від стану поверхні металу і його виду; $\frac{m\mathcal{G}^2}{2}$ - кінетична енергія фотоелектронів. Рівняння Ейнштейна логічно пояснює і явище фотоелектру, і його закони.

Фотони. Отже, світло являє собою потік фотонів – **частинок світла**. Саму назву "фотон" також започаткував А. Ейнштейн у 1926 році. Відповідно до формули Планка енергія фотона визначається його частотою:

$$E = h\nu,$$

знаючи швидкість фотонів (c), можна знайти їхній імпульс:

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c}.$$

Подібне співвідношення між імпульсом і енергією справедливе, тільки для частинок з нульовою масою спокою, і які рухаються зі швидкістю світла. Таким чином, на основі формули Планка і постулатів СТО можна стверджувати що:

1 Маса спокою фотона дорівнює нулю ($m = 0$).

- 2 Фотон завжди рухається зі швидкістю C .
- 3 Фотон має енергію: $E = h\nu$.
- 4 Імпульс фотона: $p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c}$.

Таким чином, світло в багатьох ситуаціях (фотоефект, теплове випромінювання та ін.) поводить себе як потік квантових частинок, однак такі явища, як інтерференція і дифракція, можуть бути пояснені тільки, якщо світло - хвиля. Тут ми стикаємося з проявом **корпускулярно-хвильового** дуалізму світла: в одних явищах світло поводить себе як потік частинок, в інших виявляється його хвильова природа.

Встановлення подвійної природи світла стало початком розуміння дуалізму матерії взагалі. У кінцевому підсумку це привело до створення в другій половині двадцятого століття квантової електродинаміки – квантової теорії поля, в якій описується електромагнітна взаємодія без використання поняття дуалізму.

3 ПРИРОДНИЧОНАУКОВА КАРТИНА МАКРОСВІТУ

3.1 ФІЗИЧНА ПРИРОДА ХІМІЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Хімічним зв'язком називають сили, що утримують атоми в молекулах чи створюють комбінацію з них. Вище було розглянуто будову атома, його структуру, обумовлену електромагнітною взаємодією між позитивно зарядженим ядром і негативно зарядженими електронами. З огляду на вищевикладене можна припустити, що хімічний зв'язок також має електромагнітну природу і залежить, головним чином, від електронної конфігурації зовнішньої електронної оболонки атома. Молекула є найменшою структурною одиницею хімічної сполуки, яка має його головні хімічні властивості. Молекули простих речовин складаються з однакових атомів, наприклад: H_2 , C_2 , Cl_2 , He , молекули складних речовин - з різних атомів, наприклад: H_2O , H_2SO_4 , $NaCl$. Відома велика кількість сполук, молекули яких складаються з багатьох тисяч атомів (макромолекули), - білки, целюлоза, штучні полімери. Між атомами існують як сили притягання, так і сили відштовхування. Оптимальною є така відстань між атомами (r_0), при якій сили притягання і сили відштовхування врівноважуються, при цьому потенційна енергія

зв'язку з атомом мінімальна, а отже, цій відстані відповідає стан стійкої рівноваги.

Для видалення атома з хімічного зв'язку від відстані r_0 до $r = \infty$ треба виконати **роботу дисоціації**, що дорівнює енергії дисоціації. Існує 5 основних типів хімічного зв'язку між атомами: іонний, ковалентний, металічний, водневий та сили Ван - дер - Ваальса.

1 Іонний (гетерополярний зв'язок) є електростатичною силою притягання між іонами з зарядами протилежного знаку. Наприклад, NaCl.

Для іонного зв'язку характерно:

- а) відносно великі сили зв'язку;
- б) відсутність насиченості, що приводить до можливості існування груп макроскопічних розмірів – кристалів;
- в) відсутність переважного напрямку сил зв'язку – немає спрямованої валентності.

2 Ковалентний (гомеополярний зв'язок) – це зв'язок атомів за рахунок усупільнення пари валентних електронів, як правило, при утворенні молекул з однакових атомів. Повне пояснення цих зв'язків дається в рамках квантової механіки (Гайтлер і Лондон, 1927р.).

Для ковалентного зв'язку є характерним:

- а) насиченість зв'язку, що приводить до переважного утворення атомних груп з невеликою кількістю насичених молекул;
- б) чітко виражена спрямована валентність;
- в) великі сили зв'язку, що діють на малих міжатомних відстанях, тому кристали з ковалентним зв'язком є крихкими і твердими;
- г) обмінний характер сил зв'язку.

3 Металічний зв'язок. Метали - це кристалічні структури, ґратки яких складаються з позитивно заряджених іонів. Міцність таких ґраток забезпечується наявністю "вільних електронів", що утворилися при формуванні ґратки, ці електрони не належать ніякому атому, утворюють "вільний електронний газ", який є «цементом» металевого зв'язку.

Металічний зв'язок – сильний зв'язок, про що свідчать твердість металів і висока температура плавлення.

4 Сили Ван- дер - Ваальса (слабкі сили молекулярного зв'язку). Відомо, що газ, молекули якого є електрично нейтральними і хімічно інертними (інертний чи газ молекули з ковалентним насиченим зв'язком), при низьких температурах переходить у рідкий стан. Це свідчить про те, що між такими молекулами існують сили притягання, які не залежать від заряду і не зв'язані з валентними силами. Такі сили, сили Ван –

дер - Ваальса, обумовлені вторинними електричними ефектами внаслідок взаємодії електричних диполів.

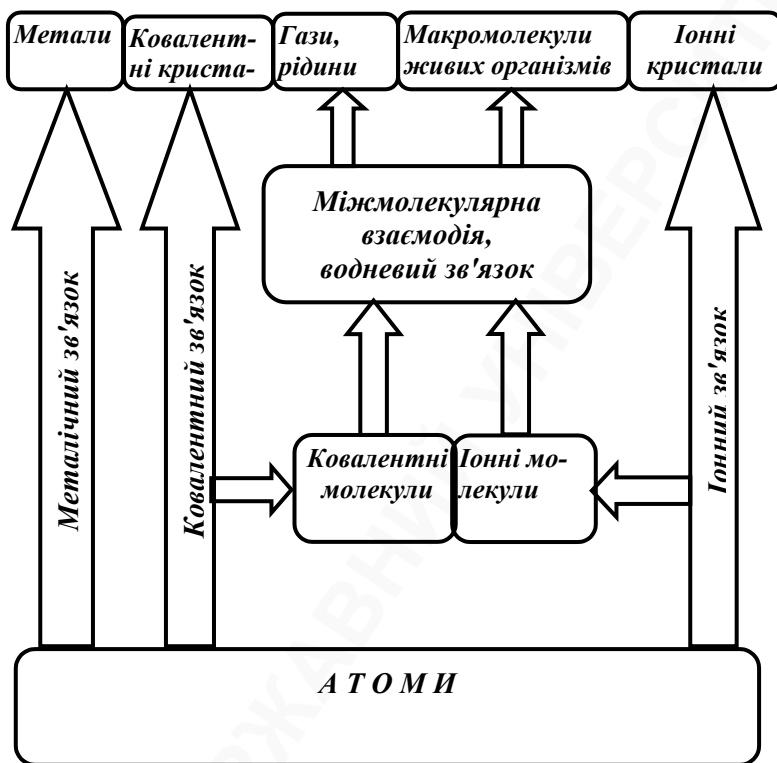
5 Водневий зв'язок виникає між молекулами, до складу яких входить водень і дуже негативні елементи – фтор, кисень, азот, рідше хлор і сірка. Водневий зв'язок обумовлює багато найважливіших властивостей води і біологічно важливих органічних речовин: білків і нуклеїнових кислот. Поняття "водневого зв'язку" відіграє винятково важливу роль в органічній хімії.

Хімічна реакція – це процес, у результаті якого змінюються вид, кількість чи взаємне розміщення атомів і молекул реагуючих речовин. Хімічні реакції, що відбуваються в природі, дуже різноманітні: горіння, окислювання, фотосинтез, травлення і т.п. Умовами для протікання хімічної реакції є:

- 1 Прагнення системи атомів самочинно переходити з більш упорядкованого стану в менш упорядкований (закон зростання ентропії);
- 2 Прагнення системи переходити мимовільно в стан з меншою енергією.

Хімічні реакції проходять з виділенням (екзотермічні реакції) чи з поглинанням (ендотермічні реакції) теплоти. Найпоширенішою реакцією з виділенням теплоти є реакція горіння. У цьому випадку внутрішня енергія виділяється у вигляді тепла. За вимірами теплового ефекту реакції можна робити висновок про зміну внутрішньої енергії системи.

Реакційна здатність речовин визначається активністю хімічних елементів. **Швидкість хімічної реакції** залежить як від хімічної активності реагуючих речовин, так і від їхньої концентрації і температури. Чим більша концентрація і вища температура, тим швидше проходить реакція. Сучасній науці відомо близько 8 млн. хімічних сполук, причому переважна більшість з них (7,7 млн.) – це органічні сполуки, що містять вуглець. Основним будівельним матеріалом таких сполук є: вуглець (C), кисень (O_2), водень (H), азот (N), фосфор (P) і сірка (S). Вагова частина цих елементів в організмах складає 97,4 % ще 12 елементів ($Na, K, Ca, Mg, Al, Fe, Si, Cl, Cu, Zn, Co, Ni$) дають 1,6 %. З інших (більш ніж 90) хімічних елементів Природа створила близько 300 тис. неорганічних сполук.



Структурні рівні матерії в хімії

В основному всі хімічні елементи існують у вигляді різних сполук. Корпускулярна природа одиниць атома приводить до корпускулярної структури матерії.

Незважаючи на свою складність, хімічні сполуки є тільки цеглинками, будівельним матеріалом незрівнянно більш складних біологічних структур.

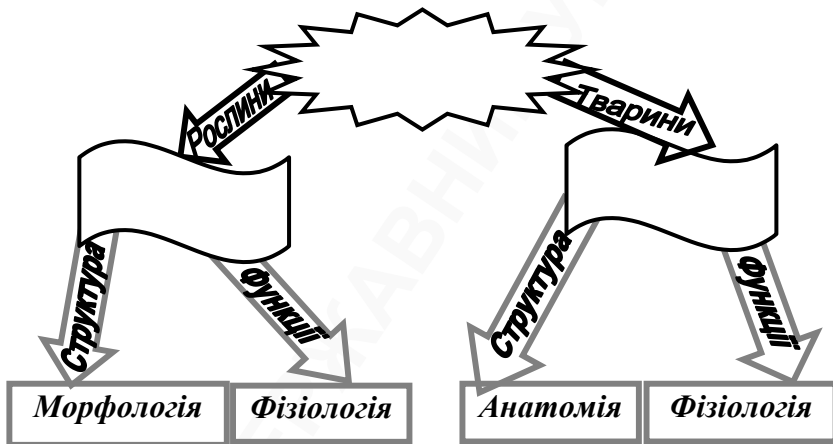
3.2 ЕЛЕМЕНТИ БІОЛОГІЇ

Біологія – це наука про життя. Тривалий шлях пройшли природознавство і біологія, зокрема, щоб відповісти на запитання: «Що таке

життя?» Характерними рисами життя є: зростання, рух, обмін речовин, розмноження і пристосування. Даний перелік свідчить про те, що немає простого визначення життя. Як приклад наведемо визначення М.В. Волькенштейна: «...життя є форма існування макроскопічних гетерогенних відкритих систем, далеких від рівноваги, здатних до самоорганізації і самовідтворення. Найважливішими функціональними речовинами цих систем є білки і нуклеїнові кислоти».

Основою біологічних процесів є закони фізики і хімії, хоча біологія має свої спеціальні закони.

Система біологічних наук підрозділяється на науки про рослини (ботаніка) і тварини (зоологія).



Вражає діапазон розмірів біологічних об'єктів: від амінокислот (1nm) до китів (10м) і гігантських евкالیптів (40-50м). Відомо близько одного мільйона видів тварин і 400 тисяч видів рослин, що живуть у даний час на Землі.

Така розмаїтість живих організмів вимагає відповідної класифікації, тому біологічні об'єкти поєднують у природні групи, пов'язані єдиним походженням.

У процесі розвитку біологічних наук виділяються 3 основні етапи, що відрізняються один від одного своєю головною ідеєю: I етап – період систематики; II етап – еволюційний період; III етап – період мікробіології.

3.2.1 Основні узагальнення біологічних наук

Комплекс біологічних наук спирається на ряд тверджень, на основі яких і відбувається розвиток даних наук:

- 1 Живі організми підкоряються законам фізики і хімії.
- 2 Клітинна теорія.
- 3 Біогенез.
- 4 Живі клітини – перетворювачі енергії.
- 5 Теорія еволюції органічного світу.
- 6 Генна теорія.
- 7 ДНК – головний носій інформації.
- 8 Метаболізм.
- 9 Взаємозв'язок між організмом і навколишнім середовищем.

3.3 ЗАКОНОМІРНОСТІ ЕВОЛЮЦІЇ БІОСФЕРИ

Поняття "біосфери" пройшло довгий шлях розвитку. Вперше воно з'явилося на початку XIX століття в роботах Ламарка і Гумбольда. Найбільш повно поняття біосфери сформульовано в роботах В.І.Вернадського. У 1926 році вийшла робота вченого «Біосфера», у якій він дав вичерпне тлумачення біосфери. **Біосфера, за Вернадським**, - це цілісна організована система живої речовини і мінеральних елементів, залучених у сферу життя, у якій сукупна діяльність живих організмів (у тому числі людини) виявляється як геохімічний фактор планетарного масштабу і значення. Усі явища в ній – частина єдиного механізму біосфери. Біосфера – це моноліт життя, самим життям створений і керований, це величезний єдиний механізм, де, за словами Пастера, усі стадії роботи смерті зумовлені явищами життя.

Біосфера розподілена по земній поверхні вкрай нерівномірно й у залежності від кліматичних умов набуває вигляду незалежних комплексів – **біогеоценозів** (екосистем). Жива частина біогеоценозу – біоценоз - складається з популяцій організмів різних видів.

Популяція - це сукупність особин одного виду, що населяють визначену територію, більш-менш ізольовану від сусідніх сукупностей того ж виду. **Види** - це системи популяцій. Популяції і види здатні як до існування протягом тривалого часу, так і до самостійного еволюцій-

ного розвитку. Популяції - це генетично відкриті системи, тому що особини з різних популяцій іноді схрещуються. Види є найменшими генетично закритими системами.

Термін біогеоценоз є синонімом терміна **екосистема**. У розвитку екосистем велику роль відіграють організми, здатні самостійно синтезувати органічні речовини з неорганічних сполук. Ці організми називаються **автотрофами**. Автотрофи є первинною біотичною основою для формування біогеоценозів. Організми, що використовують для харчування органічні речовини, вироблені іншими організмами, називаються **гетеротрофами**. До гетеротрофних організмів належать людина, усі тварини, гриби, більшість бактерій, вірусів.

Біосфера Землі утворюється всією сукупністю біогеоценозів, пов'язаних між собою кругообігом речовин і енергії. Таким чином, можна дати ще одне визначення біосфери. **Біосферою** називається простір, що містить навколомську атмосферу і зовнішню оболонку Землі, освоєний живими організмами і який перебуває під впливом їхньої життєдіяльності.

Біосфера уловлює лише невелику частину сонячної енергії, що надходить на Землю (тільки 0,02% сонячної енергії, що надходить, використовується біосферою).

Усі живі організми пов'язані між собою енергетичними відношеннями, оскільки є об'єктами харчування інших організмів.

Зелені рослини засвоюють сонячну енергію в процесі фотосинтезу, перетворюють і запасують її. Трав'яні тварини (споживачі першого порядку) поїдають рослини, первинні хижаки (споживачі другого порядку) поїдають трав'яних, вторинні хижаки (споживачі третього порядку) поїдають маленьких хижаків. Таким чином створюються харчові ланцюги з продуцентів (зелені рослини), консументів (споживачі органічної речовини) і редуцентів, тобто руйнівників (мікроорганізми, бактерії, гриби). Поїдаючи органічні сполуки, що розкладаються, редуценти мінералізують їх до води, двоокису вуглецю і мінеральних добрив.

Основою існування біосфери є **біотичний кругообіг** органічних речовин за участю організмів, що її населяють. У закономірностях цього кругообігу вирішена проблема розвитку і тривалого існування життя.

Будь-яка форма життя бере участь у біотичному кругообігу – він є основою саморегуляції біосфери. Незвичайна пристосовність мік-

роорганізмів робить їх фундаментом в екологічній піраміді для вищих організмів.

Хімічна рівновага в біосфері також спирається на **біотичний** кругообіг. Сучасна наука стверджує, що ця рівновага є хиткою і будь-який, навіть малий, вплив може вивести систему з рівноваги. Так, наприклад, ряд учених (Л.Маршалл, М.Будико, Л.Беркнер та ін.) вважають, що різке зменшення вуглекислоти в атмосфері з появою фотосинтезу призвело до похолодання і заледеніння Землі, що, в свою чергу, викликало порушення природних циклів.

У сучасний період відбувається швидка перебудова природи в цілому у результаті людської діяльності, що, власне, і є предметом вивчення **екології**.

3.4 ОСНОВНІ КОНЦЕПЦІЇ ПОХОДЖЕННЯ ЖИТТЯ НА ЗЕМЛІ

Питання про походження життя на Землі виникло у давнині, тому існує величезна кількість теорій, що пояснюють виникнення життя, розуму. Умовно всі гіпотези можна розділити на два класи: концепцію біогенезу і концепцію абіогенезу.

Біогенез – концепція, яка стверджує, що живе може походити тільки від живого.

Абіогенез припускає, що життя може походити від неживої субстанції.

Походження життя на Землі тісно пов'язане з історією Сонячної системи і, власне, самої Землі. Нашій Землі приблизно 5 млрд. років і спочатку вона, очевидно, була гарячою з температурою поверхні 5000-6000⁰ С. Поступово остигаючи, утворювалася літосфера – тверда оболонка Землі. Атмосферу залишали легкі гази, у першу чергу водень. Літосфера не є суцільною корою, а складається з декількох плит, що плавають на рідкій оболонці Землі – мантії. Це призводить до дрейфу континентів, що має циклічний характер з періодом у 440 млн. років.

Перші ознаки життя – викопні водорості - виникли 3400млн. років тому. До цього часу земна поверхня досить остигла для того, щоб вода могла існувати в рідкому стані, утворити первісний океан. Історія розвитку життя на Землі не викликає розбіжностей, але теорій похо-

дження життя, як зазначалося раніше, безліч та жодну з них не можна вважати доведеною. Розглянемо три основні теорії виникнення життя.

1 Креаціонізм ґрунтується на концепції біогенезу. Відповідно до теорії креаціонізму життя – це результат надприродних подій у минулому. На користь не випадкового характеру процесу розвитку життя свідчить антропний принцип.

2 Панспермія – гіпотеза «посіву» життя на Землі з Космосу. У 1865 р. німецький лікар Г.Ріхтер висунув **гіпотезу космозоїв** (космічних зародків), відповідно до якої життя є вічним і його зародки, що населяють світовий простір, можуть переноситися з однієї планети на іншу. Згідно з гіпотезою панспермії у світовому просторі розсіяні зародки життя (наприклад, спори мікроорганізмів), що рухаються під тиском світлових променів і, потрапляючи в сферу притягання планети, осідають на її поверхні, закладаючи на цій планеті початок життя. На користь гіпотези панспермії свідчать випадки виявлення слідів мікроорганізмів на метеоритах. Гіпотеза панспермії також ґрунтується на принципах біогенезу.

3 Теорія біохімічної еволюції. У 1924р. академік О.І.Опарін опублікував роботу «Походження життя», в якій висувалася гіпотеза, що стала основою теорії біохімічної еволюції. Згідно з цією теорією органічні речовини утворилися абіотичним шляхом з неорганічних під дією фізико-хімічних факторів: температури, космічного випромінювання, тиску атмосфери. Стан океану на Землі в ту далеку епоху називають "органічним бульйоном". Що ж спричинило саморозвиток хімічних структур, який призвів до стрибка неживе - живе?

Корисно розглянути такі етапи в еволюції органічної речовини на Землі, що передували виникненню життя:

- 1) еволюція малих молекул;
- 2) утворення полімерів;
- 3) виникнення каталітичних функцій;
- 4) самоскладання молекул;
- 5) виникнення мембран і доклітинної організації;
- 6) виникнення механізму спадковості;
- 7) виникнення клітин.

Можливо, життя на Землі виникло абіотичним шляхом, але необхідно зазначити, що в даний час неможливо штучно відтворити виникнення механізму матричного копіювання, реалізованого в живій

клітині нуклеїновими кислотами. Проте у цьому й полягає суть проблеми виникнення життя на Землі.

Учені підраховували імовірність випадкового виникнення білкової молекули, що складається із 100 амінокислот 20 видів, вона становить $\sim \frac{1}{10^{130}}$! Астроном Фрейд Хойл із цього приводу дуже влучно

висловився: «Імовірність... до того мала, що це було б немислимо навіть у тому випадку, якби весь Всесвіт складався з "органічного бульйону". Це така сама нісенітниця, як твердження, що ураган, який пронісся над смітником, може призвести до складання нового «Боїнга-747».

Крім того, еволюційний механізм видоутворення припускає велику кількість перехідних форм від одного виду до іншого, але їх немає. Утворення видів – стрибкоподібний процес. Історія життя на Землі приховує багато таємниць. Чи будуть вони коли-небудь розкриті чи ні, покаже майбутнє, але палеонтологічні знахідки свідчать не на користь біохімічної еволюції.

Крім вищеперелічених гіпотез про походження життя на Землі, існує безліч інших. Вернадський, наприклад, вважав, що біосфера геологічно вічна, тобто життя на Землі існує стільки ж часу, скільки і сама Земля існує як планета.

3.4.1 Антропогенез

Антропогенез – історія виникнення і розвитку людини. Згідно із сучасними уявленнями найбільш правдоподібною виглядає еволюційна теорія походження людини від тваринного предка. Людина – тип хордових, підтип хребетних, клас ссавців, ряд приматів, родина вузьконосих мавп.

Довгий час були відсутні емпіричні дані про предків людини. Дарвін знав тільки дріопітеків (знайдених у 1856 р. у Франції) і писав про них як про далеких предків людини.

У даний час більшість фахівців вважає, що найближчим попередником людини є **австралопітеки**. Їх кісткові залишки, вік яких складає від 5 до 2,5 млн. років, уперше були виявлені в 1924 р. у Південній Африці.

У процесі становлення людини можна виділити три стадії:

- 1 Найдавніші люди (архантропи).
- 2 Древні люди (палеонтропи).

3 Сучасні люди (неантропи).

У 1891 р. голландський дослідник Ежен Дюбуа на о. Ява вперше знайшов скам'янілі останки найдавнішої людини - першого пітекантропа. **Найдавніші люди** з'явилися приблизно 1-2 млн. років тому (пітекантропи, синатропи і т.п.). Вони полювали, жили в печерах, уміли користуватися вогнем і підтримували його з покоління в покоління. Їх мозок мав масу біля 1 кг. Найдавніших людей змінили древні люди, яких називають **неандертальцями**. Близько 28 тис. років тому неандертальці були витиснені сучасними людьми – **кроманьйонцями**. Найбільш ранні знахідки кісткових останків кроманьйонців датуються в 40 тисяч років.

Однак людина одночасно і біологічна істота, і соціальне створіння, тому антропогенез невідривно пов'язаний із соціогенезом, являючи собою, по суті, єдиний процес антропосоціогенеза. Основою людини розумної *Homo Sapiens* є його соціальна, а не біологічна сутність. Було б непогано зуміти дати визначення розуму. В даний час більшість учених припускають, що розум є нематеріальним. Він є функцією мозку і має ідеальний характер. Розум перебуває поза сферою дії біологічних законів, він суцільно соціальний за своїм походженням і змістом. Розум виникає в процесі діяльності, спілкування дитини з людьми. Як приклад, можна навести дітей, що потрапили на виховання до диких тварин. Не маючи можливості брати участь у соціальному житті, в процесі свого розвитку, такі діти так і залишаються тваринами.

Однак прояв надбіологічного неможливого без наявності біологічних передумов. Людина, володіючи соціальною сутністю як основою поведінки, разом з тим протягом усього життя підкоряється біологічним законам. Це означає, що розвиток і життєдіяльність людини неможливі без дії її генетичної програми.

3.5 МІСЦЕ ЛЮДИНИ У ВСЕСВІТІ

Сучасна наука розглядає місце людини у Всесвіті на основі антропного принципу. Виникнення, існування і розвиток людини – Розуму обумовлені закономірностями виникнення і розвитку Всесвіту. Тепер уже зрозуміло, що Всесвіт – цілісна, єдина система, і її розвиток має певну спрямованість. Можливість і необхідність появи Життя, Розуму закладено в самому Всесвіті. Матерія породила людину в процесі еволюції, щоб пізнати саму себе за допомогою людини. Людина єдина

з Космосом і вже ні для кого не секрет, що Космос впливає на людину (добові цикли, 11-літній цикл сонячної активності і т.п.). Відомі 3 цикли активності людини з дня народження: фізичний (23 доби), емоційний (27 діб) і інтелектуальний (33 доби).

З принципів еволюційної теорії випливає, що у Всесвіті можуть існувати різні форми життя, розуму. Починаючи з післявоєнного часу, безупинно продовжуються експерименти з прослуховування Всесвіту з метою встановлення контакту з іншими цивілізаціями. Той факт, що ці пошуки ще не дали позитивного результату, отримав назву «феномен німого Всесвіту».

Можливо, відповідь на питання: "Чи ми єдині у Всесвіті?" може дати з'ясування, у якій кількості зірок існують планетні системи подібні до Сонячної, оскільки існування планет біля інших зірок непрямо підтверджує можливість існування в Космосі життя, подібного до нашого. І от у квітні 1999 року Дебора Фішер знайшла планетну систему з трьома великими планетами, яка знаходиться на відстані 44 світлових років від нашої (Е у сузір'ї Андромеди). До 2002 року таких систем було відкрито вже 18.

Паралельно з пошуком планет проводяться інтенсивні астрохімічні дослідження, кінцевою метою яких є відповідь на питання: "Чи є життя у Всесвіті? Як воно зароджується? Яких форм набуває?" Вже тепер зроблені дивні відкриття, так, наприклад, амінокислоти виявлені у космічному пилу при тиску, що дорівнює одній тисячній атмосфері. Отже, цеглинки життя поширені у Всесвіті і видиме життя – одна з його характеристик. Але дотепер відкритим залишається питання про існування розумного життя. Можливо, незабаром ми одержимо відповідь і на це запитання. Поживемо – побачимо...

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

- 301** Явища при низьких температурах. Чому виникають явища надпровідності і надтекучості? Перспективи їх використання.
- 302** Відносний характер електричних і магнітних полів.
- 303** Дисперсія світла і спектральний аналіз. Роль у науці.
- 304** Магнітні властивості речовини. Діамагнетика та парамагнетика.
- 305** Магнітні властивості речовини. Особливості квантової структури феромагнетиків.
- 306** Основні експериментальні закони електромагнетизму.

- 307 Фотоефект, його закони та види. Використання в техніці.
- 308 Роль теорії Максвелла в розвитку електромагнетизму.
- 309 Які характеристики електромагнітної взаємодії Ви знаєте? Перелічіть явища природи, що мають електромагнітну природу.
- 310 Опишіть поняття заряду, електричного поля та їх властивості. Сформулюйте основні закони електростатики.
- 311 Сформулюйте основні закони електричного струму. Наведіть приклади їх використання.
- 312 Закон електромагнітної індукції і його роль у розвитку фізики електромагнітних явищ.
- 313 Магнітне поле і його властивості. Чим спричиняється магнітне поле Землі і який вигляд воно має?
- 314 Ефект Доплера в оптиці. Яку роль відіграло це явище в розвитку науки?
- 315 Які явища покладено в основу квантової оптики? Як розвивалась квантова оптика?
- 316 Принцип дії лазера. Різновиди когерентних джерел випромінювання та їх використання в сучасних технологіях.
- 317 Шкала електромагнітних хвиль. Принципи її побудови.
- 318 Теплове випромінювання. "Ультрафіолетова катастрофа".
- 319 В чому полягає подвійна природа світла? Що таке квантова електродинаміка?
- 320 Голографія та її застосування.
- 321 Рентгенівське випромінювання, властивості і використання.
- 322 Закони заломлення і відбивання світла. Явище повного внутрішнього відбивання і його застосування.
- 323 Волоконна оптика і її використання в сучасних технологіях.
- 324 Явища інтерференції і дифракції. Принцип дії яких приладів базується на цих явищах?
- 325 Історія розвитку уявлень про природу світла.
- 326 Явище люмінесценції. В яких природних об'єктах воно спостерігається і яким законам підлягає?
- 327 Поняття про квантові генератори і застосування лазерів.
- 328 Поляризація світла. Застосування і способи отримання поляризованого світла.
- 329 Ультрафіолетове випромінювання. Його характеристики. Дія на людський організм.

- 330** Інфрачервоне випромінювання. Його властивості. Дія на людський організм.
- 331** Види хімічних зв'язків і їх пояснення з погляду будови атомів.
- 332** Поясніть роль води в існуванні на Землі життя. Яка будова молекули води? Яку роль відіграє полярність її молекул? Поясніть роль великої теплоємності і поверхневого натягу води.
- 333** Поясніть особливості розчинення у воді різних речовин. Яку роль відіграють вони у життєво важливих процесах? Як пояснюються поверхневий натяг води і властивість капілярності? Їх роль.
- 334** Водневий зв'язок і його роль у виникненні життя
- 335** Які хімічні елементи є найголовнішими для життя? За рахунок яких процесів здійснюється надходження в атмосферу кисню? Яка кількість на Землі необхідних для життя елементів?
- 336** У чому унікальність будови атома вуглецю і чому він так поширений у сполуках? Чому наше життя іноді називають вуглецевим?
- 337** Фізична природа хімічного зв'язку.
- 338** Молекули. Зв'язок атомів у молекулах. Хімічні реакції. Реакційна здатність речовин.
- 339** Вода та її роль в життєво важливих процесах?
- 340** Поясніть роль водневих зв'язків і порівняйте їх з іншими зв'язками в молекулах.
- 341** Структурні рівні матерії в хімії.
- 342** Порівняйте клітинне дихання і фотосинтез. Зазначте подібність і різницю відносно початкових продуктів і виходу, відносно потоку енергії.
- 343** Порівняйте поширення видів на суші й у воді за біомасою, за різноманітністю видів. З чим пов'язана різниця?
- 344** Система біологічних наук. Основні узагальнення біологічних наук.
- 345** Перетворення енергії і кругообіг речовин у природі. Чим вони відрізняються і що між ними спільного?
- 346** Генна інженерія. Її завдання і проблеми.
- 347** Чому 20 із 100 амінокислот названі "золотими"? Що таке генетичний код?
- 348** За допомогою яких моделей описуються відношення між трофічними рівнями в біоценозах? Чи застосовні ці моделі до суспільних процесів? Наведіть приклади.
- 349** Біосфера. Людина як частина біосфери.

- 350 Перетворення енергії і кругообіг речовин у природі. Чим вони відрізняються і що між ними спільного?
- 351 Структурні рівні матерії в біології.
- 352 Основні етапи становлення біологічного знання і їх короткі характеристики.
- 353 Біотехнології.
- 354 Спільна еволюція Землі і живої речовини.
- 355 Охарактеризуйте критерії, згідно з якими система вважається живою. Чому деякі вчені не вважають віруси живими?
- 356 Фізичні поля біологічних об'єктів. Паранормальні явища.
- 357 Взаємовідношення між організмом і навколишнім середовищем. Метаболізм різних організмів.
- 358 Клітинна теорія. Історія її виникнення і досягнення.
- 359 Біогенез. Теорія еволюції органічного світу.
- 360 Перетворення енергії в живих клітинах.

4 ЕКОЛОГІЯ. ВСЕСВІТ

4.1 ГЛОБАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОЇ ЕКОЛОГІЇ

Екологія – наука про взаємозв'язок організмів з навколишнім середовищем. Людина, яка з'явилась у процесі еволюції біосфери, є її невід'ємною частиною. Поява розумного життя – це природний і закономірний етап в еволюції живого, докорінний перелом у розвитку матерії, оскільки з появою людини матерія одержала здатність мислити і пізнавати себе. Людство пройшло довгий шлях розвитку до сучасної цивілізації. Для свого існування і розвитку цивілізація бере від Природи все необхідне і повертає їй відходи своєї господарської діяльності. Це приводило і приводить до таких великих змін біосфери, що природа вже не може під цим тиском зберегти свою рівновагу. Однією з найважливіших глобальних проблем є проблема взаємодії суспільства і Природи. Усе більш очевидним стає те, що подальший розвиток науково-технічного прогресу повинен супроводжуватися корінними перетвореннями соціального характеру. Дійсно, досягнення сучасної науки і техніки створили у більшості людей уявлення про абсолютну перевагу людини над природою. Люди почали забувати, що вони самі – частинка природи і їх існування як виду визначається можливостями природи.

«Планета і цивілізація в небезпеці!» - ось один із несподіваних підсумків бурхливого науково-технічного розвитку.

Відомий дослідник океану Жак-Ів Кусто охарактеризував сучасний етап розвитку людства так: «Раніше природа залякувала людину, а тепер людина залякує природу».

Розглянемо основні **проблеми екології**:

- 1 Зростання народонаселення.
- 2 Зміна складу атмосфери і клімату.
- 3 Виснаження водних ресурсів.
- 4 Знищення лісів і виснаження ґрунтів.
- 5 Техногенний вплив на геологічне середовище.

1 Зростання народонаселення. У ХХ столітті темп зростання кількості населення різко збільшився. Досить зазначити, що в другій половині ХХ століття кількість населення Землі зросла більше ніж у два рази. В даний час на Землі проживає 6 млрд. людей, а до 2060 р. за деякими прогнозами нас буде 10 млрд. Таке зростання кількості населення призведе до ще більшого впливу на навколишнє середовище, ще більше загострить існуючі проблеми. За існуючими ресурсними моделями населення Землі не повинно перевищувати 7,0-7,5 млрд. чоловік.

2 Зміна складу атмосфери і клімату. Одним з найбільш негативних впливів людини на біосферу є постійне збільшення викидів в атмосферу **забруднюючих** речовин, що утворюються в результаті господарської діяльності людини і які, потрапляючи в навколишнє середовище, порушують природні процеси. Перше місце тут займають забруднювачі від енергетики (80%).

Викиди в атмосферу призводять до парникового ефекту, кислотних дощів, руйнування озонового шару Землі. **Озоновий шар** – це шар, що захищає Землю від космічної радіації, він знаходиться на висоті 20-25 км.

Чорнобильська катастрофа вивела проблему надійності і безпеки ядерних реакторів на одне з «пріоритетних» місць. А от проблема поховання ядерних відходів вирішується вкрай незадовільно.

3 Виснаження водних ресурсів. Людство на 73% покриває потребу в прісній воді за рахунок рік і озер. Споживання прісної води постійно зростає, а непродумані дії з її використання загрожують небезпекою для багатьох регіонів Землі. Так, зрошення призводить до засолення ґрунтів. Забруднення водойм відходами промислових підпри-

емств перетворює їх у стічні канами, викликаючи загибель численних живих істот у водоймах.

Через аварії танкерів і нафтопроводів у навколишнє середовище щорічно потрапляє більше 5 млн. тонн нафти. Нафтові плівки призводять до загибелі життя в океані. Забруднення океану призводить до зменшення випаровування води на 20-40%, що, у свою чергу, призводить до зменшення опадів.

4 *Знищення лісів і виснаження ґрунтів.* Ліс – це легені нашої планети. У ХХ столітті знищено близько половини тропічних лісів планети. У наш час щорічно вирубується 16-17 млн. га тропічних лісів, але ж у тропічних лісах зосереджено близько 60% існуючих видів рослин і тварин. Забруднення атмосфери, ґрунтів призвело до масових захворювань лісів у Європі і Північній Америці, майже знищені хвойні ліси Центральної Росії. В українських Карпатах відбувається інтенсивне знищення вікових лісів. Виснаження і забруднення родючих земель у результаті недосконалості сільськогосподарських технологій загрожує катастрофою. За даними ООН у результаті такої діяльності людини уже втрачено близько 30% родючих земель.

Екологічна катастрофа стала катастрофою не тільки тому, що загрожує самому існуванню людства, але ще і тому, що призвела до різкого зменшення біорізноманітності планети. Так, за останні 100 років з лиця Землі зникло більше видів птахів і ссавців, ніж за попередні 10 000 років.

5 *Екологічний вплив на геологічне середовище.* Усі компоненти природи тісно взаємозалежні: атмосфера, ліси, водойми. Вся біосфера знаходиться на зовнішній оболонці землі – літосфері, тому вирішення глобальних екологічних проблем атмосфери і гідросфери неможливе без екології літосфери.

У результаті різномасштабних проявів технологічних впливів Земля перетворюється в гігантський смітник, в літосфері починаються необоротні негативні зміни.

Технологічна діяльність людини на Землі зможе призводити до виникнення такого небезпечного геологічного явища, як землетрус. Це явище «наведеної сейсмічності» найчастіше виникає у зв'язку зі створенням великих глибинних водоймищ.

При будівництві великих паливно-енергетичних комплексів виробляються штучні ґрунти – переміщені чи створені маси гірських порід, відвали, насипи, наливні ґрунти, шлаки і т.п. У даний час техноген-

ні ґрунти покривають понад 55% площі суші Землі, а в урбанізованих районах - 95-100%.

Техногенний вплив людини на літосферу призводить у кінцевому підсумку до техногенної зміни геофізичних полів Землі – гравітаційного, магнітного, електричного, радіаційного, теплового, що вкрай несприятливо для екології людини й інших організмів.

Перед загрозою екологічної катастрофи екологією займається багато різних діячів, але кожен має свої інтереси. У результаті людської діяльності екологія набула політичного і соціального характеру. До складу екології входять право, економіка, соціологія й інші наукові дисципліни.

4.1.1 Міжнародне співтовариство у боротьбі з загрозою екологічної катастрофи

Не дивно, що проблеми екології стали предметом дискусій багатьох міжнародних конференцій і симпозіумів.

У 1972 р. у Стокгольмі відбулася Перша Міжнародна конференція ООН із проблем навколишнього середовища. У резолюції конференції пролунало застереження: «Вперше в історії Землі їй загрожує страшна небезпека». Починаючи з цього часу, загроза екологічної катастрофи стоїть в центрі уваги світової громадськості.

У 1975 р. у Хельсінкі відбулася нарада з питань безпеки і співробітництва в Європі на рівні голів держав, яка підтвердила, що «захист і поліпшення навколишнього середовища, а також охорона природи і раціональне використання її ресурсів в інтересах нинішніх і майбутніх поколінь і є одним із завдань, що мають велике значення для добробуту народів і економічного розвитку всіх країн».

У 1987 р. Всесвітня комісія ООН з питань навколишнього середовища і розвитку обговорила питання про необхідність пошуку нової моделі розвитку цивілізації. Прем'єр-міністр Норвегії Гру Хармлем Брундтланд, що очолювала роботу комісії, опублікувала доповідь «Наше загальне майбутнє», ввівши в побут термін «**стійкий розвиток**». **Стойкий розвиток** - це така модель руху вперед, при якій досягається задоволення життєвих потреб нинішнього покоління людей, без позбавлення такої можливості майбутніх поколінь.

У червні 1992 р. відбулася конференція ООН з питань навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро на рівні голів урядів.

Найважливішим документом конференції є декларація з питань навколишнього середовища, що розкриває зміст моделі стійкого розвитку у 27 рекомендаційних принципах.

В даний час вважається, що вирішення екологічних проблем повинно ґрунтуватися на **принципах біоцентризму**, тобто до уваги в першу чергу повинні братися не економічна ефективність інженерного спорудження, проекту, а те, яким чином дане спорудження впливає на біосферу в цілому. Глобальний характер має проблема визначення гранично припустимих рівнів техногенних впливів на геологічне середовище. Необхідно навчитися правильно прогнозувати екологічні наслідки того чи іншого техногенного впливу, тим самим запобігаючи негативним екологічним процесам.

4.2 АСТРОНОМІЧНА МОДЕЛЬ ВСЕСВІТУ

Неможливо уявити масштаби космічних відстаней та інтервалів часу еволюції небесних світил. Звичні нам з дитинства просторово-часові масштаби настільки незначні в порівнянні з космічними, що коли це доходить до людської свідомості, то буквально захоплює дух. Ще порівняно недавно Земля уявлялася людині величезною і була центром світобудови. Понад три роки знадобилося команді Магеллана, щоб 480 років тому ціною неймовірних зусиль і загибелі самого Магеллана здійснити першу кругосвітню подорож. Ще зовсім недавно Юрій Гагарін вперше облетів Землю на космічному кораблі "Восток" за 89 хвилин.

Радіус Землі складає величину порядку 6400 км. Наша Земля – одна з планет Сонячної системи. Відстань від Землі до Сонця близько 150 мільйонів км. Цю величину називають **однією астрономічною одиницею (1 а.о.)**. Середня відстань від Сонця до Плутона, найдалшої з відомих планет Сонячної системи, у 40 разів більша за відстань від Землі до Сонця. Вважають, що розміри Сонячної системи складають близько 80 астрономічних одиниць - 10 млрд. км (10^{10} км). Але найближча до Землі зірка - Проксіма Центавра знаходиться від Сонця вже на відстані $\approx 4 \cdot 10^{13}$ км (три тисячі а.о.) Це така велика відстань, що в порівнянні з нею міжпланетні відстані в межах Сонячної системи здаються вельми мізерними. Для оцінки міжзоряних та міжгалактичних відстаней, за одиницю виміру беруть **світловий рік**. **Світловий рік** – це відстань, яку проходить світло зі швидкістю 300 тис. км за секунду

за рік (~ 10 000 млрд. км). У науковій літературі для таких відстаней використовують особливу одиницю – парсек. **Один парсек** (пк) дорівнює 3,26 світловим рокам.

Але Сонце і найближчі до нього зірки становлять лише мізерно малу частину гігантського колективу зірок і туманностей, що входять до складу нашої **Галактики**. Це скупчення зірок можна спостерігати на небі у вигляді Чумацького Шляху. Наша Галактика має досить складну структуру. Виявляється, що основна частина зірок у Галактиці знаходиться в гігантському дискові, діаметром близько 100 тис. світлових років і товщиною порядку 1500 світлових років. У цьому дискові нараховується понад 150 млрд. зірок різних типів. Наше Сонце – одна з цих зірок, знаходиться на периферії Галактики поблизу від її екваторіальної площини.

Відстань від Сонця до центра Галактики складає близько 30 тис. світлових років. Зірки в Галактиці розподілені дуже нерівномірно. Так, в області Галактичного ядра зоряна густина складає 2 тисячі зірок на кубічний парсек, а в околиці Сонця вона в 20 тис. разів менша.

Наша Галактика має спіральну структуру, встановити яку виявилось надзвичайно важко. Дослідження показують, що туманності, а також гарячі масивні зірки розподілені уздовж гілок спіралі.

Зірки і туманності в межах Галактики мають досить складний характер руху. З одного боку, всі вони беруть участь в обертанні Галактики навколо осі, причому різні ділянки Галактики мають різні періоди обертання. Так, Сонце разом із планетною системою та навколишніми зірками виконують повний оберт за 200 млн. років, рухаючись зі швидкістю 250 км/с. На регулярний рух зірок навколо центру Галактики накладаються їхні хаотичні рухи зі швидкостями порядку 10 – 50 км/с.

Виявляється наша зоряна система – Галактика – є лише малою частинкою Метагалактики. **Метагалактика** – це сукупність зоряних систем – галактик, що рухаються у величезному просторі оточуючого нас Всесвіту. Найближчими до нашої зоряної системи галактиками є відомі Магелланові Хмари, їх добре видно на небі в Південній півкулі. Інша «близька» до нас галактика – це туманність у сузір'ї Андромеди. Її видно неозброєним оком, як дуже слабку зірочку. Насправді туманність Андромеди – гігантська галактика, у півтора разу більша за нашу Галактику, яка, у свою чергу, теж є гігантом в світі галактик. Багато із спостережуваних галактик знаходяться на відстанях, які світло проходить за мільярди років!

Випромінювання спектрів галактик дозволило в 1929 році **Хаббл** зробити відкриття фундаментального значення. Він виявив, що лінії спектрів усіх галактик, за винятком декількох найближчих, зміщені в червоний бік. Червоне зміщення у спектрах галактик можна пояснити ефектом Доплера, а це приводить до висновку, що такі галактики віддаляються від нас і швидкість цього віддалення можна розрахувати за цим зміщенням. Крім того, з'ясувалося, що чим більше віддалена від нас галактика, тим сильніше зміщені в червону область лінії її спектра, тобто чим далі від нас знаходиться галактика, тим з більшою швидкістю вона віддаляється. Це дозволило сформулювати закон червоного зміщення галактик (**закон Хаббла**), що є одним з фундаментальних законів Всесвіту: усі галактики мають позитивні швидкості, пропорційні відстаням до них:

$$v = H \cdot r, \text{ де } H - \text{ стала Хаббла.}$$

Закон Хаббла приводить з неминучістю до висновку, що всі галактики чи шматки матерії, з яких вони сформувалися, вилетіли одночасно з порівняно малого об'єму, тобто наш Всесвіт у всій його грандіозній величчї виник у результаті вибуху – Великого Вибуху. Розширення Всесвіту має ізотропний характер.

Величина сталої Хаббла характеризує швидкість розширення світового простору і є однією з основних світових констант. Визначення цієї константи – одна з дуже складних задач експериментальної астрономії. Її значення встановлює вік Всесвіту. Величина сталої Хаббла залежить тільки від часу.

Галактики утворюють окремі групи і скупчення. У просторі між скупченнями густина галактик у десятки разів менша, ніж усередині скупчень.

Наш Всесвіт не завжди був таким, все в ньому постійно змінюється: «народжуються», розвиваються і «помирають» зірки, туманності, змінюються структура і масштаби Всесвіту. Ми спостерігаємо грандіозний процес еволюції Всесвіту від простого до складного. Такий самий напрямок еволюції має і розвиток життя на Землі.

4.3 СТРУКТУРНІ ОДИНИЦІ ВСЕСВІТУ

Всесвіт містить у собі такі структурні елементи: зірки, міжзоряне середовище, галактики й інші більш екзотичні об'єкти, про існування яких здогадується або навіть і не підозрює сучасна наука.

4.3.1 Зірки. Основні характеристики зірок

- 1 Маса.
- 2 Світність.
- 3 Радіус.
- 4 Температура поверхневих шарів.
- 5 Хімічний склад.

1 Маса є найважливішою характеристикою зірки. Від її величини залежить як еволюція зірки, так і вигляд об'єкта, яким стає зірка наприкінці еволюції. Дуже мало зірок, маси яких більші або менші за масу Сонця в 10 разів. Маса Сонця складає $2 \cdot 10^{30}$ кг.

2 Світність - це кількість енергії випромінювання зірки за одиницю часу. За світністю зірки розрізняються в дуже широких межах. Так, є зірки, світність яких значно більша за сонячну (у десятки і тисячі разів), і величезну кількість зірок складають «карлики», світність яких у тисячі разів менша, ніж у Сонця.

3 Радіуси зірок змінюються в дуже широких межах. Є зірки, що за своїми розмірами не перевищують розміри Землі («білі карлики»), і є величезні, розміром з орбіту Марса.

4 Температура поверхневих шарів визначає колір зірки. Так, температурі 3000 – 4000 К відповідає червонуватий колір, 6000 - 7000 К - жовтуватий. Дуже гарячі зірки з температурою 10000 – 12000 К мають білий і блакитнуватий відтінки.

5 За хімічним складом зірки є воднево - гелієвою плазмою. Для детального виявлення наявності в зоряній речовині інших елементів проводять ретельний аналіз спектрів зірок. Середній хімічний склад зовнішніх шарів зірки має такий вигляд: на 10000 атомів водню припадає 1000 атомів гелію, 5 атомів кисню, 2 атоми азоту, 1 атом вуглецю, 0,3 атома заліза. Інших елементів ще менше. Важких елементів (елементів з атомною масою більшою, ніж у гелію) у Всесвіті дуже мало, але їх значення є дуже важливим як для еволюції зірок, так і для утворення живої субстанції.

Крім того, зірки мають магнітні поля, які виконують дуже важливу роль у фізичних процесах, що відбуваються в атмосфері зірок і, можливо, в планетоутворенні.

4.3.2 Міжзоряне середовище

Міжзоряне середовище складається з міжзоряного газу і міжзоряного пилу. Роль міжзоряного середовища дуже велика, оскільки

згідно з сучасними уявленнями зірки утворюються шляхом конденсації міжзоряного середовища.

Хімічний склад міжзоряного газу ґрунтовно досліджений. У ньому переважають атоми водню і гелію, атомів металів порівняно небагато. Фізичні властивості міжзоряного газу залежать від того, чи знаходиться він поблизу від зірки чи ні, тому його температура коливається в межах від 10000 К до 100 К або і нижче. Розміри космічних поросин складають $10^{-4} - 10^{-5}$ см. Зоряний пил сильно поглинає світло. Міжзоряні газ і пил перемішані у співвідношенні 100:1. Газово-пилове середовище існує у вигляді хмар, найбільш густі з яких спостерігаються як світлі чи темні туманності. До складу газово-пилової туманності входять молекулярний водень, вода та ін. Досить несподіваним було виявлення в хмарах міжзоряного середовища радіоліній складних багатоатомних молекул, таких, як CH_3HCO , CH_3CN та ін.

Маса міжзоряного газу в нашій Галактиці близька до мільярда сонячних мас, що складає майже 1% від повної маси Галактики. В інших зоряних системах, наприклад в еліптичних галактиках міжзоряного середовища ще менше ($10^{-4}\%$), у той час як у неправильних галактиках (типу Магелланових хмар) маса міжзоряного газу складає майже до 50%.

4.3.3 Галактики і квазари

Питання про можливість існування інших галактик, крім нашої, було остаточно вирішене у 1924 – 26 рр., коли Хаббл за допомогою 2,5 – метрового телескопа обсерваторії Маунт Вілсон одержав фотографії туманності в сузір'ї Андромеди, на яких її спіральні гілки були зафіксовані у вигляді безлічі слабких світних точок – зірок.

Галактики надзвичайно різноманітні за своїм зовнішнім виглядом. Хабблом було запропоновано дуже просту класифікацію галактик за формою. Ця система залишається основною системою класифікації. Розрізняють **три основних типи галактик**: 1) еліптичні (E); 2) спіральні (S); 3) неправильні (I).

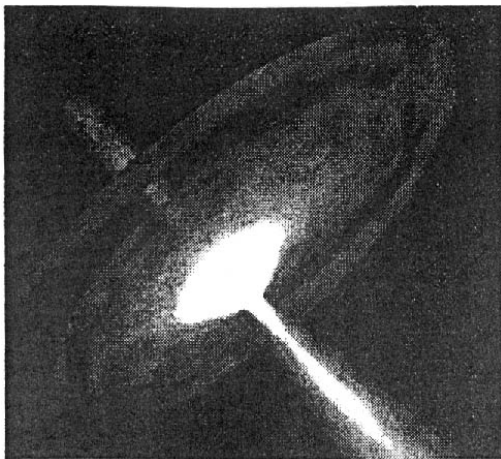
Властивостями галактик є:

- 1) ступінь стиску;
- 2) зоряне населення;
- 3) маса;
- 4) активність ядер спіральних галактик.

1 **Ступінь стиску** визначає форму галактики і не змінюється.

- 2 **Зоряне населення** визначається кількістю і складом зірок галактик. Кількість зірок у відомих галактиках коливається від 10^{10} до 10^{12} зірок. У нашій Галактиці міститься 10^{11} зірок.
- 3 **Масу** галактики можна визначити за її обертянням. Відомі карликові галактики, що мають масу 13 – 14 мільярдів сонячних мас, і гігантські галактики, маса яких перевищує масу нашої Галактики в 10 разів ($\sim 10^{12}$ сонячних мас).
- 4 **Ядро** – це найбільш яскрава і щільна центральна область спіральних галактик. Ядра мають ряд важливих особливостей. Так у центрі ядра знаходиться ще одне сильне ущільнення – **ядерце**, що обертається як тверде тіло. У ядрах галактик безупинно відбуваються якісь бурхливі процеси, природа яких нам невідома. Час від часу відбувається могутній вибух у ядрі певної галактики. Явище **активності ядер** має циклічний характер.

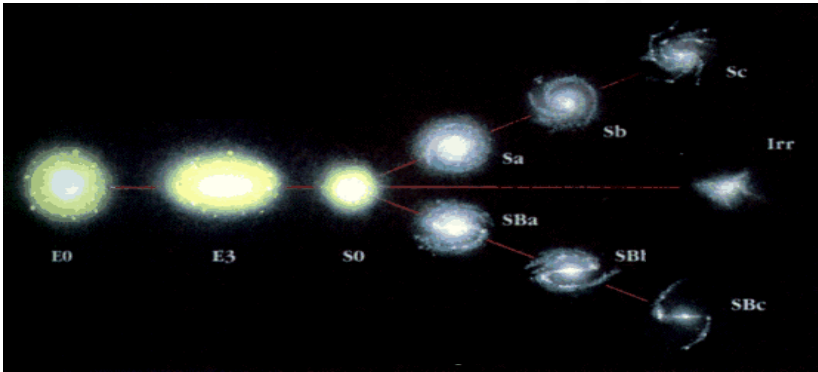
Квасари. У 1963 р. Маартеном і Шмідтом були виявлені об'єкти нового типу, розташовані поза нашою Галактикою «квазізоряні об'єкти» - **квасари**. За їх червоним зміщенням було визначено, що ці об'єкти віддаляються від нашої Галактики зі швидкістю 100 – 250 тис. км/с (тобто порівнянню зі швидкістю світла!). Оскільки швидкість пропорційна



відстані ($v = H \cdot r$), то це означає, що ці об'єкти знаходяться від нас значно далі, ніж найдальші із спостережуваних галактик. Це, в свою чергу, означає, що їхня світність в багато разів перевершує світність найбільших галактик.

Найбільш дивовижним є факт, що яскравість квазарів (в оптичному діапазоні) змінюється. Отже це не галактики, вони більше нагадують галактичні ядра, оскільки їхні лінійні розміри $\sim 0,01$ Пс, у той час як розміри галактик обчислюються десятками тисяч парсеків. Один квазар випромінює енергію в сотні разів більшу, ніж будь-яка гігантська зоря-

на система подібна до нашої Галактики! Якщо припустити, що квазари - це чорні діри з величезними масами, що у мільйони разів перевищують масу Сонця, то можна пояснити таке могутнє випромінювання. У випадку проходження через міжзоряне середовище речовина буде безупинно натікати на чорну діру, утворюючи диск, що швидко обертається і поступово «падає» у «діру». При цьому випромінюється величезна кількість енергії. Природно, що «чорно – дірчаста» природа квазарів і галактичних ядер це лише гіпотеза, але гіпотеза дуже правдоподі-



бна.

4.4 ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУЧАСНОГО ВСЕСВІТУ

Всесвітом називається вся оточуюча нас частина матеріального світу, доступна для спостереження. Всесвіт містить у собі усі відомі і невідомі види матерії від елементарних частинок, атомів, молекул до планет, зірок, галактик, скупчень галактик і дисперсійної речовини (газу, пилу) у великих масштабах. Крім того, Всесвіт заповнюють різні фізичні поля (гравітаційне, електромагнітне, ядерне, слабе).

Сучасне природознавство розглядає Всесвіт як один з конкретних об'єктів наукового дослідження, єдиною специфічною властивістю якого є його унікальність.

Найважливішим **принципом дослідження Всесвіту** є припущення, що фундаментальні закони природи, зокрема закони фізики, встановлені і перевірені в лабораторних експериментах на Землі, є справедливими для усього Всесвіту, а це означає, що усі явища, які

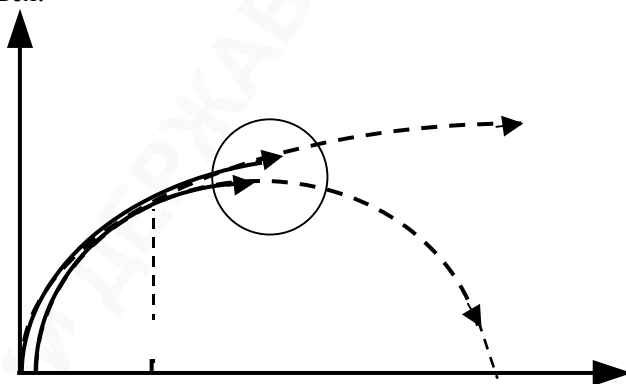
спостерігаються у Всесвіті, можуть бути пояснені на основі цих законів. **Космологія** – це розділ фізики й астрономії, який займається вивченням Всесвіту в цілому.

Всесвіт не обов'язково вичерпує весь об'єктивно існуючий матеріальний світ. Допускається гіпотеза про існування інших всесвітів (теорія множинності всесвітів). Ці всесвіти розглядають чисто умовляно, вони або завжди були відокремлені від нашого Всесвіту, або можуть мати загальне з ним походження від одного первинного Правсесвіту.

Сучасна космологія установила такі характеристики Всесвіту:

1 Розширення. Як зазначалося раніше, усі галактики, за винятком декількох найближчих до нашої Галактики, віддаляються одна від одної зі швидкостями, що з великою точністю задовольняють закон Хаббла: $\vartheta = Hr$.

Границя спостережуваного в даний час Всесвіту називається **космологічним горизонтом**. Радіус горизонту збігається з відстанню, яку пройшло світло за час розширення Всесвіту. Його точне значення залежить від космологічної моделі. З часом космологічний горизонт розширюється.



Особливу роль у космології відіграє критична густина речовини у Всесвіті: $\rho_c = \frac{3H^2}{8\pi G} \sim 10^{-29} \text{ кг/м}^3$. Від її значення залежить майбутнє Всесвіту.

2 Густина речовини у Всесвіті різко зменшується при переході від малих масштабів до великих: від величезних значень $\rho \sim 10^{18} \text{ кг/м}^3$ в атомних ядрах (а також у нейтронних зірках) до $\rho \sim 10^3 \text{ кг/м}^3$ на планетах і зірках головної послідовності, до $\rho \sim 10^{-21} \text{ кг/м}^3$ в галактиках і до $\rho \sim \rho_c$ в розмірі усїєї видимої частини Всесвіту. У космології густину речовини виражають у частках від критичної $\Omega = \rho/\rho_c$. Сучасні оцінки кількості світної речовини дають значення густини $\Omega = 0,01 - 0,02$, тобто густина речовини у Всесвіті набагато менша за критичну. Відповідно до **теорема віріала** – співвідношення, що зв'язує середню кінетичну енергію системи з діючими в ній силами (а отже, і масами) – можна обчислити масу речовини, знаючи швидкості галактик. Такі виміри **віріальної маси** дають значення густини на порядок більше: $\Omega = 0,1 - 0,3$.

Чому значення густини речовини у Всесвіті відіграє величезну роль при моделюванні майбутнього Всесвіту? Виявляється, що якщо значення густини речовини у Всесвіті менше від критичного $\rho < \rho_c$, то наш Всесвіт незамкнений (**модель «відкритого Всесвіту»**), а отже, процес розширення Всесвіту необмежений у часі. У випадку, якщо виявиться, що густина речовини у Всесвіті більша за критичне значення $\rho \geq \rho_c$, то наш Всесвіт є замкнутим (**модель «закритого» Всесвіту**), і це означає, що розширення Всесвіту через якийсь час зміниться стисненням.

Для того щоб остаточно з'ясувати геометрію нашого Всесвіту, потрібно знати густину його речовини.

3 Хімічний склад речовини у Всесвіті. Видима речовина у Всесвіті складається в основному з водню (70-80% маси усїєї речовини) і гелію (20-30%). Інших «важких» хімічних елементів значно менше, вони утворилися на пізніх етапах еволюції в зірках, а також при спалахах наднових зірок. У Всесвіті не виявлено помітної кількості **антиречовини**, за винятком малої частки антипротонів у космічних променях. Ці антипротони, очевидно, мають галактичне походження, таким чином у нашому Всесвіті речовина переважає над антиречовиною.

4 Реліктове випромінювання – мікрохвильове фонове випромінювання, яке виникло на ранніх стадіях утворення Всесвіту. Наяв-

ність реліктового випромінювання підтверджує модель Великого Вибуху. Увесь Всесвіт заповнений цим випромінюванням зі спектром абсолютно чорного тіла і температурою $T = 2,7$ К. Це випромінювання ізотропне, його температура і густина не залежать від напрямку.

5 Однорідність, ізотропність і структурність Всесвіту. Ізотропність реліктового випромінювання приводить до висновку про однорідність і ізотропність Всесвіту у масштабах космологічного горизонту з точністю вище 10^{-4} . У великих масштабах Всесвіт має помітно виражену **комірчасто-сітчасту структуру**. Ця структура складається з груп і скупчень Галактик, що утворюють витягнуті «нитки» – **філаменти**, які перетинаються між собою і створюють тривимірну сітку. У місцях перетинання філаментів розміщуються великі скупчення галактик. Між філаментами знаходяться діри – області, у яких практично немає нормальних галактик. Комірчасто-сітчасту структуру Всесвіту вдається пояснити тільки в якісному вигляді в рамках фрідманівської моделі Всесвіту, що розширюється, із флуктуаціями густини речовини.

4.5 ЕВОЛЮЦІЯ ВСЕСВІТУ. ЕВОЛЮЦІЯ ЗІРОК

Історія зірки починається з того, що сили всесвітнього тяжіння збирають розрізнену в просторі речовину в зірку, що складається в основному з легких елементів, у внутрішній області якої в термоядерній реакції починає згоряти водень, перетворюючись в гелій. Термоядерні реакції відбуваються в основному в центральній області зірки, де найвища температура. Через кілька мільярдів років запас водню в ядрі зірки виснажується, тиск падає, і ці області вже не можуть витримувати тиску з боку зовнішніх шарів зірки. Починається стискання, при якому різко збільшується густина, а енергія, що вивільняється, піднімає температуру так високо, що починається термоядерне згоряння водню в більш далеких від ядра областях зірки, де запаси водню ще не вичерпалися. Одночасно відбувається інтенсивне розширення зовнішніх областей зірки, – постаріла зірка перетворюється в червоного гіганта.

Тим часом температура в центрі зірки продовжує наростати, і коли вона досягає приблизно 90млн. градусів, починається нова ядерна реакція – гелій, накопичений у результаті згоряння водню, згоряє в неоні з утворенням фтору. Однак неону в центрі зірки небагато, і він закінчується усього через два мільйони років, і центр зірки стискується ще більше. При подальшому підвищенні температури до 110 млн. гра-

дусів починається синтез вуглецю. Далі починається цілий ряд реакцій, що створюють усе нові елементи: вуглець, захоплюючи ядро гелію, перетворюється в кисень; захоплення α - частинки киснем приводить до утворення неону.

Так продовжується доти, доки не вичерпуються запаси гелію, і повторюється той самий цикл, що відбувався з воднем. Стискання центральних областей і зростання температури продовжуються.

При температурі близько 1 млрд. градусів починається термоядерне згоряння чистого вуглецю, при якому з'являються магній і кремній, а також народжується гелій. Ядра гелію проникають в інші ядра й утворюють всі елементи аж до заліза включно. Температура усе зростає. При декількох мільярдах градусів починаються ядерні реакції, у яких енергія не виділяється, а поглинається. Дуже швидко, усього за тисячі років, руйнуються деякі вже виниклі стійкі ядра, вивільняються α - частинки, протони і навіть нейтрони, народжуються важкі елементи, розміщені в таблиці Менделєєва за залізом.

Ці процеси вже поглинають, а не вивільняють енергію, тиск усередині падає, зірка стискується надзвичайно швидко. Різка зміна внутрішньої густини в порівнянні із зовнішньою приводить до вибуху оболонки. Так народжуються наднові зірки. Під час вибуху захоплюються і викидаються важкі елементи з внутрішніх областей масивної зірки. Вони потрапляють у міжзоряний газ і при утворенні "другого покоління" зірок потрапляють до їхнього складу. Очевидно, саме так не занадто старі зірки "придбали" важкі елементи. Так що наше Сонце, що має їх у своєму складі, належить принаймні до другого зоряного покоління. А постаріла наднова зірка перетворюється в **білий карлик**.

Загальна теорія відносності довела можливість існування так званих **нейтронних зірок**, у порівнянні з якими білі карлики здаються гігантами. Дійсно: найменший білий карлик може відповідно до теоретичних розрахунків мати діаметр порядку близько 1000км. Густина білого карлика близько тисячі – десятка тисяч тонн у кубічному сантиметрі, а його маса порядку маси Сонця. У білому карлику речовина перебуває ще в більш-менш звичному для нас електронно-ядерному (але вже, звичайно, не в атомарному чи плазмовому) стані – білий карлик складається з добре перемішаних ядер і електронів. Нейтронна зірка має при масі, порівнянній із масою Сонця, розміри, вимірювані кілометрами, вона цілком могла б поміститися у такому місті, як Київ. При такій великій густині, що складає мільярди тонн на кубічний санти-

метр, а отже, при дивовижно великих тисках ядра виявляються роздавленими, майже всі електрони захоплені протонами, і речовина зірки буде складатися головним чином з нейтронів. Уявіть: Сонце розміром з Київ! Обертання такої зірки приводить до дивного явища – швидких (протягом кількох днів чи кількох тижнів, а іноді за секунди і навіть за 0,03 с) періодичних і дуже істотних змін яскравості. Ці об'єкти спостерігаються як **пульсари**, яких з кожним роком виявляють усе більше і більше.

Для того щоб зрозуміти причину швидкої періодичності випромінювання пульсарів, розглянемо докладніше їх будову. Зовнішню частину пульсара утворює тверда кора товщиною близько 1 км і густиною, що змінюється з віддаленням від поверхні, від тонни до 50 млн. тонн у $см^3$. Тиск усередині пульсара виявляється настільки гігантським, що його серцевина з густиною в 500 млн. тонн у $см^3$ плавиться і виявляється надтекучою нейтронною (з невеликою домішкою протонів) рідиною, у якій "плавають" електрони. При обертанні в корі виникають надвисокі напруги і деформації, що зрештою призводять до "зіркотрясіння", коли відразу вивільняється величезна накопичена пружна енергія. Після цього світність пульсара різко спадає. Однак енергія, що вивільняється, складає лише малу частину енергії обертання. І тому через якийсь час усе починається спочатку.

Чим більше маса нейтронної зірки, тим менше її радіус. Мінімальна маса складає приблизно третину від маси Сонця, а радіус - близько 22 км.

Максимально можлива маса нейтронної зірки складає приблизно 0,76 маси Сонця при радіусі в 9,42 км.

Якщо ж маса нейтронної зірки перевершить зазначену критичну межу в 0,76 маси Сонця, тоді стискання зірки неможливо зупинити. Зірка починає нестримно падати на свій гравітаційний центр - починається **гравітаційний колапс**. Зірка перетворюється в "чорну діру", де різко викривляється простір – час.

4.6 МОДЕЛІ УТВОРЕННЯ ВСЕСВІТУ. ТЕОРІЯ ВЕЛИКОГО ВИБУХУ

Як утворився наш Всесвіт? Чи може він існувати вічно? Яка його будова? Ці питання завжди цікавили людей. До моменту встановлення розширення Всесвіту більшість вчених (у тому числі Ньютон і Ейнштейн)

тейн) вважали, що ми живемо у Всесвіті, який існував вічно і не змінювався (**модель стаціонарного Всесвіту**).

Але теорія Фрідмана, а за нею відкриття Хабблом розширення Всесвіту приводить до математично обґрунтованого висновку, що приблизно 10 - 20 млрд. років тому весь Всесвіт був зосереджений у дуже маленькій області, вона являла собою «частинку» над'ядерної густини (космологічну сингулярність). З якихось причин ця частинка прийшла в нерівноважний стан і вибухнула. Наслідок цього вибуху ми спостерігаємо як віддалення галактик.

Деякі вчені вважали, що Всесвіт не розширюється «від точки», а немовби пульсує між кінцевими межами його середньої густини (**модель пульсуючого Всесвіту**). Однак, коли б гіпотеза «пульсуючого Всесвіту» виявилася правильною, вона не стала б альтернативою гіпотезі «надщільної частинки» як початкового стану Всесвіту.

Справа в тім, що у Всесвіті йде необоротний процес перетворення водню в гелій при термоядерних реакціях у надрах зірок. У спостережуваній нами частині Всесвіту 20-30% атомів водню перетворилися в гелій. На це могло піти якнайбільше кілька мільярдів років. Якби Всесвіт існував понад сотню мільярдів років, вона була б «майже гелієвою». Тобто якщо пульсації Всесвіту мали місце, то їх було дуже небагато.

Можна уявити математично необмежене число пульсацій, при яких у кожному циклі Всесвіт стискується мінімум до ядерних густин, при цьому речовина розпадається на нуклони. Потім Всесвіт знову «народжується» подібно до легендарного птаха Фенікс, але вже з новим набором фундаментальних фізичних констант і елементарних частинок.

Англійський фізик Хойл і деякі інші сучасні вчені дотримуються концепції **«стаціонарного Всесвіту»**. Незмінність Всесвіту, незважаючи на його розширення в цій концепції, досягається припущенням, що має місце постійне утворення матерії з ... нічого!

Дана теорія припускає існування деякої переважної системи координат, вступаючи в протиріччя з теорією відносності.

Вирішити, яка з моделей є справедливою, дозволяють радіоастрономічні методи досліджень.

У 1948 році відомий фізик Г.А. Гамов розробив теорію дуже "гарячого" спочатку Всесвіту, що розширюється. В міру розширення цієї «вогненної кулі» її температура повинна швидко спадати, і коли її значення досягає 4000К (вік Всесвіту складав на той час 500 тис. років,

а розміри були в 1000 разів менші за сучасні), водень перестає бути іонізованим. Після цього випромінювання перестає взаємодіяти з речовиною (відклеюється від речовини). Розрахунки показують, що в міру розширення це випромінювання буде увесь час зберігати свій рівноважний характер, і його температура буде спадати пропорційно розмірам Всесвіту. Оскільки після «відклеювання» випромінювання від речовини Всесвіт збільшив свої розміри більше ніж у 1000 разів, то температура випромінювання, що заповнює Всесвіт, повинна бути близькою до 3К. Це триградусне випромінювання є «реліктом» давно минулого етапу еволюції Всесвіту, тому його назвали реліктовим випромінюванням. У 1965 році в лабораторії Белла (США) на хвилі близько 7 см було виявлено «ізотропне» випромінювання, спектр якого відповідає абсолютно чорному тілу, нагрітому до 3К. Це випромінювання заповнює всю Метагалактику, і його густина більша за густину усіх видів енергії в Метагалактиці. Це і було **"реліктове" випромінювання**. Його виявлення, поряд з відкриттям Хабблом «розбігання» галактик, є незаперечним доказом теорії **Великого Вибуху**.

Що ж ми знаємо про етапи Великого Вибуху – етапи еволюції Всесвіту?

Коли вік Всесвіту складав кілька хвилин, його густина була близькою до ядерної, а температура обчислювалася багатьма мільярдами градусів, з водню утворилася велика частина космічного гелію. У віці 500 тис. років, як відзначалося вище, відбулося «відклеювання» випромінювання від речовини. Потім плазма досить швидко стає воднево-гелієвим атомарним газом. Цей газ, розширюючись, охолоджується так швидко, що молекули водню не встигають утворитися. Коли розміри Всесвіту збільшилися в кілька десятків разів, а газ охолонув нижче 5К, то спочатку майже однорідне газове середовище розбивається на окремі згустки. Як виникли ці області з надлишковою густиною речовини в однорідному Всесвіті, що швидко розширювався, сучасна наука не дає однозначної відповіді. З вірогідністю можна сказати, що «зародки» неоднорідностей у Всесвіті були завжди, якби їх не було, історія розвитку Всесвіту була б позбавлена якого-небудь різноманіття, і ні зірки, ні планети не утворилися б, не говорячи вже про життя.

Отже, із «зародків неоднорідностей Всесвіту» виникли гігантські газові згустки – «протоскупчення» галактик, з них шляхом подальшої фрагментації утворилися менші згустки. Кожен такий згусток еволюціонував у галактику. Галактики і зірки утворилися на порівняно

пізньому етапі розвитку Всесвіту, коли його об'єкти були більш активними, ніж тепер, про що свідчить велика кількість радіогалактик і квазарів на великих відстанях від Землі (відповідних тій віддаленій епосі).

До утворення галактик у Всесвіті не було космічних променів так само, як і важких елементів. Поступово Всесвіт став набувати тих рис, що ми спостерігаємо зараз.

Яким буде наш Всесвіт у далекому майбутньому? Для відповіді на це питання потрібно знати, чи є наш Всесвіт замкнутим чи ні?

Порівняно просто прогнозувати майбутнє Всесвіту для «закритої моделі». Якщо Всесвіт почне стискуватися, то цей процес ніщо не зупинить, і він, пройшовши через надгусту фазу, стиснеться в точку. Весь цикл «розширення – зупинка – стиск» повинен відбутись за час порядку 100 млрд. років.

У випадку «відкритої» моделі при своєму необмеженому розширенні Всесвіт і матерія, з якого він складається, у незоро далекому майбутньому зазнають якісних змін.

Через 10^{14} років «охолонуть», вичерпавши своє ядерне пальне, всі карликові зірки і перетворяться в "білі карлики", які в міру охолодження стануть холодними «чорними» карликами з розмірами порядку Землі і з дуже великою густиною. Через 10^{15} років усі планети будуть відірвані від своїх зірок через випадкові зближення зірок, з цієї ж причини через 10^{19} років 90% зірок залишать галактики, центральні області яких стиснуться в гігантські порядку 10^9 мас Сонця, чорні діри. Відстані між сусідніми зірками стануть величезними і будуть все збільшуватися. У структурі матерії також будуть відбуватися зміни. Якщо протон абсолютно стабільний і закони природи незмінні, то через 10^{65} років білі карлики стануть рідкими краплями, а через 10^{1500} (!) років будь-яка речовина стає радіоактивною, що призведе до перетворення колишніх зірок – рідких крапель у рідкі залізні краплі.

Що ж станеться з масивними зірками, що перетворилися в чорні діри? Виявляється, що, як довів англійський теоретик Хокінг, через проміжки часу, пропорційні кубам їхніх мас, чорні діри «випаровуються», випромінюючи електромагнітні хвилі з довжиною порядку розмірів чорної діри. Так, чорна діра з масою, що дорівнює 10 сонячним масам, «випарується» через 10^{67} років, випромінюючи радіохвилі з довжиною 30 км. А чорні діри – ядра галактик - випаруються через 10^{91} років, випромінюючи наддовгі хвилі довжиною порядку 10 а.о. Але це

ще не все! Виявляється, через $10^{10^{26}}$ (!!!) років залізни краплі, що були зірками, перетворяться в чорні діри, що, у свою чергу, випаруються. Отже, в остаточному підсумку у випадку відкритої моделі Всесвіт перетвориться в сукупність наддовгих квантів, що розлітаються. Залишається утішатися тим, що це відбудеться дуже нескоро.

4.6.1 Співвідношення між «світовими константами» макро- і мікросвітів

Сучасна фізика знає чотири фундаментальних типи взаємодій: електромагнітну, гравітаційну, слабку і сильну. Електромагнітна взаємодія визначає структуру речовини і характеризується «константою взаємодії» – зарядом електрона.

Гравітаційна взаємодія керує законами галактичної і метагалактичної астрономії і характеризується гравітаційною сталою G .

Сильні і слабкі взаємодії домінують у мікросвіті – світі атомних ядер і елементарних частинок і їм відповідають певні константи взаємодії.

Дивно, але факт, що між константами взаємодії і характеристиками Всесвіту існує залежність. Виявляється, що якби в момент утворення Всесвіту ці константи взаємодії хоч трішечки відрізнялись би від існуючих, то наш Всесвіт мав би зовсім інший вигляд.

У 1961 році американський фізик Діке висунув гіпотезу, що така залежність є простим наслідком умови можливості спостереження Всесвіту розумними істотами.

Для виникнення життя у Всесвіті вирішальне значення мають співвідношення між масами елементарних частинок. Якби вони хоч небагато відрізнялися від існуючих, то в процесі нуклеосинтезу елементи, необхідні для життя, не утворилися б. Причому виконання умови $m_e \ll m_p$ необхідно для утворення багатоатомних молекул – основи життя.

Таким чином, наш Всесвіт разюче пристосований для виникнення і розвитку в ньому життя. Вся еволюція Всесвіту від моменту його виникнення при Великому Вибуху немовби підготувала виникнення життя в окремих малих його частинах. З появою людини Всесвіт став пізнавати себе і завдяки розуму цілеспрямовано розвиватися. У цьому полягає сутність **антропного принципу**.

Наші знання про процеси, що відбуваються в Мегасвіті, приводять нас до розуміння, що не можна пояснити механізм виникнення життя на Землі, її еволюцію аж до появи Розуму без розуміння процесу утворення і еволюції Всесвіту.

4.7 СОНЦЕ І СОНЯЧНА СИСТЕМА

4.7.1 Загальні відомості про Сонце

Сонце – це найближча до нас зірка, воно забезпечує нашу планету енергією і відіграє виняткову роль у нашому житті. Якщо ж розглядати Сонце як рядову зірку, то за своїми властивостями Сонце є типовою для свого класу зіркою. У Всесвіті є безліч зірок, світності яких у тисячі раз більші або менші за сонячну.

Радіус Сонця складає 697 тис. км, його маса $2 \cdot 10^{32}$ кг і густина сонячної речовини дорівнює $1,41 \cdot 10^3$ кг/м³, що більше від густини води в 1,41 разу. Але густина Сонця, починаючи від центра, дуже неоднорідна і прямо залежить від тиску. За хімічним складом Сонце є воднево-гелієвою плазмою, що складається з $\frac{3}{4}$ водню і $\frac{1}{4}$ гелію з невеликими домішками важких елементів (~2%).

4.7.2 Будова Сонця

У центральній частині Сонця знаходиться розпечене до 14 – 16 млн. градусів ядро, речовина якого стиснута колосальним тиском порядку $3 \cdot 10^{11}$ атмосфер до густин порядку $1,55 \cdot 10^5$ кг/м³ (у 10 разів більше від густини свинцю!). Це забезпечує проходження в ядрі термоядерних реакцій синтезу за **вуглецевим циклом**.

Результатом такого циклу є перетворення водню в гелій, причому кількість вуглецю не змінюється, він відіграє роль каталізатора. Термоядерні реакції за вуглецевим циклом характерні для зірок з малою масою, таких, як Сонце. У **ядрі** зосереджено 50% маси Сонця.

Яскрава світна поверхня, видима незброєним оком, має температуру порядку 6000 градусів і називається **фотосферою**. Фотосфера абсолютно непрозора і речовина, що лежить за нею, недоступна ніяким спостереженням. Над фотосферою розміщується **сонячна атмосфера** (2-3 тис. кілометрів).

З висот порядку 10000 кілометрів починається розріджена і на диво гаряча **корона Сонця**. Вона простирається до відстаней у кілька сонячних радіусів.

З віддаленням від центра Сонця температура і тиск знижуються і на деякій глибині виявляються недостатніми для підтримання термоядерних реакцій. Передача тепла в цій зоні здійснюється за рахунок конвекції, тому ця зона називається **конвективною**.

Сонце обертається навколо своєї осі з періодом 28 діб, але не як тверде тіло: кутова швидкість його обертання більша на екваторі, а приполярні області обертаються повільніше.

4.7.3 Сонячна активність

Неоднорідне за кутовою швидкістю обертання сонячної речовини (електропровідної плазми) за наявності загального магнітного поля приводить до виникнення **локальних магнітних полів – сонячної активності**.

Ці локальні магнітні поля формуються у вигляді магнітних трубок, заповнених іонами, що рухаються усередині них. Заповнені плазмою магнітні трубки можливо виникають у конвективній зоні, потім, змінюючи форму, виносяться на поверхню Сонця. Для магнітної трубки енергетично вигідно розміщуватися перпендикулярно до фотосфери. У такий спосіб виникають магнітні арки, кінці яких закріплені у фотосфері, а вершини простираються в корону. Висота таких арок 10 – 100 тис. км, а поперечний переріз 1000 – 5000 км. У внутрішніх частинах арки швидкість руху іонів менша, ніж на іншій поверхні Сонця. Отже, ці області будуть холоднішими, а отже, темнішими від навколишньої плазми. Це і є **сонячні плями**.

Рух речовини приводить до «спливання» нових арок і нагромадження потенціальної енергії в короні, потім настає момент, коли відбувається «перез'єднання» трубок – спрощення конфігурації. Надлишок потенціальної енергії переходить у кінетичну енергію електронів, які, у свою чергу перетворюють цю енергію в енергію випромінювання – від жорсткого рентгенівського до радіодіапазону. На Землі це реєструється у вигляді **сонячних спалахів**.

Найбільш тривалі й енергійні спалахи супроводжуються викидами речовини (протонів і γ - частинок) з корони. Такі частинки захоплюються магнітним полем Землі, викликаючи магнітні бурі, порушення радіозв'язку, полярні саява на Землі і підвищену радіацію навколо Землі.

Як же виміряється Сонячна активність?

У середині XIX століття Р. Вольф увів кількісну характеристику «ступеня заплямованості» Сонця - **числа Вольфа**. Сам Вольф установив, що середній період циклу сонячної активності дорівнює 11,1 років. За останні 50 років перебіг циклу трохи прискорився до 10,5 років.

Крім того, виявляється, що в короні є «діри», утворені відкритими магнітними конфігураціями: магнітні силові лінії, що починаються в них, не замикаються ніде на поверхні Сонця, а відходять від нього. Через ці «діри» плазма іде із Сонця, утворюючи **сонячний вітер**.

4.7.4 Походження Сонячної системи

Сонячна система складається із Сонця (єдиної зірки в системі), дев'яти великих і безлічі малих планет, астероїдів, а також комет. Усі ці об'єкти обертаються навколо Сонця по більш-менш еліптичним орбітам.

Проблема походження Сонячної системи хвилює мислителів нашої планети вже третє сторіччя. Особливо значним є внесок філософа Канта, математика Лапласа, фізика Джинса та відомого природознавця О.Ю.Шмідта. І все-таки єдиної теорії немає!!!

Сонячна система утворилася не пізніше ніж 5 млрд. років тому (вік Сонця).

Гіпотеза Канта – Лапласа полягає в припущенні, що Сонячна система виникла в результаті закономірного розвитку туманності. Вже в середині сторіччя стало ясно, що ця гіпотеза стикається із фундаментальними труднощами. Виявляється, момент імпульсу розподіляється між центральним тілом – Сонцем і планетами незвичайним чином.

Величезна частина моменту імпульсу Сонячної системи зосереджена в орбітальному русі планет – гігантів Юпітера і Сатурна.

З погляду гіпотези Канта – Лапласа це незрозуміло. Якщо Сонце і планети утворилися з однієї туманності, що швидко оберталася, то момент імпульсу повинен розподілитися пропорційно до маси об'єктів, що утворилися, тобто момент імпульсу Сонця повинен бути набагато більшим від моменту імпульсу планет.

Гіпотеза Джинса – це гіпотеза «зіткнення». Відповідно до цієї гіпотези, зірка, яка проходила повз Сонце, за рахунок приливних сил викликала викид струменя газу із Сонця, з якого потім сформувалися планети. Але ця гіпотеза не пояснює, як і раніше, різницю в моментах імпульсу і, крім того, більш пізні розрахунки показали, що викинута

Сонцем речовина не може сконденсуватися в планети, а повинна розсіятися в навколишній простір.

Гіпотеза Шмідта. У 1944 році О.Ю. Шмідт запропонував свою теорію походження Сонячної системи. Відповідно до цієї теорії планетна система утворилася з речовини, захопленої з газово – пилової туманності, через яку колись проходило Сонце, що вже тоді мало «сучасний» вигляд. При цьому момент імпульсу планет визначається первісним моментом речовини хмари, що може бути як завгодно великим.

У 1961 році цю теорію розвинув англійський космогоніст Літлтон, при цьому механізм захоплення подібний до механізму Вулфсона. Для того щоб Сонце захопило досить речовини, воно повинно знаходитися у хмарі довго, швидше за все хмара повинна мати загальне із Сонцем походження. Тим самим утворення планет пов'язується з процесом зіркоутворення. Власне кажучи, мова йде про подальший розвиток гіпотези Канта – Лапласа.

У процесі еволюції протопланети стискуються, температура їх досягає 3-4 тис. градусів. При такій температурі всі тверді фракції стають рідкими. Приливні сили «обдирають» оболонки таких планет, тому утворюються астероїди з украленнями «хондр» - склоподібних включень речовини, що була колись розплавленою. Якщо процес планетоутворення пов'язаний із зіркоутворенням, то планетних систем у Всесвіті повинно бути дуже багато, що значно збільшує імовірність у не дуже віддаленому майбутньому зустрітися з «братями по розуму з інших світів».

4.7.5 Віддалене майбутнє Сонця

Вік Сонця складає приблизно 5 млрд. років. Через кілька мільярдів років Сонце стане червонішим і буде світити набагато яскравіше. Коли ядерне паливо вичерпається, ядро Сонця почне стискуватися, а верхні шари розширюватися, діаметр Сонця збільшиться в 10 разів, і воно стане червоним гігантом, якого буде видно далеко у Всесвіті. Потім відбудеться спалах, що відсуне зовнішню границю Сонця приблизно до нинішньої орбіти Землі. Оболонка ядра буде скинута, а ядро, поступово прохолоджуючись, перетвориться спочатку в білого карлика, розміром із Землю, а потім, цілком охолонувши, і в чорного карлика. Сонце і Сонячна система будуть мертві через шість мільярдів років.

4.8 ОСНОВИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ЦИВІЛІЗАЦІЇ

В останні 20 – 30 років відбувається становлення нової фази – **інформаційного суспільства**. Темпи інформаційного розвитку (темпи побудови глобальних інформаційних мереж, зокрема Інтернету, кількість супутників для обслуговування телекомунікаційних систем, кількість комп'ютерів і всієї супутньої периферії) мають експоненціальний характер. Кількість інформації, що навалюється на окрему людину теж стрімко зростає. Тому для розуміння процесів, які відбуваються в сучасному світі з'ясуємо, що являє собою інформація.

4.8.1 Інформація і її властивості

Латинське слово «informatio» означає «інформування», «роз'яснення».

Інформація – це основа управління як у живій природі і техніці, так і в суспільстві. Розуміння природи інформації ґрунтується на статистичних законах. Інформацію незалежно від змісту вивчає теорія інформації.

Теорія інформації – це розділ кібернетики, що досліджує методи передачі, збереження, добування і класифікації інформації. Розвивається з 40-х років двадцятого століття і використовує методи теорії ймовірностей, математичної статистики, алгебри, теорії ігор та інших розділів математики.

Інформація – це обмеження на число мікростанів, зв'язане з початковими умовами і зовнішніми факторами. Чим більша кількість інформації, тим менша ентропія «носія» інформації. У більш вузькому значенні інформація – це зміст повідомлення, розглянутий у процесі його передачі, сприйняття і використання.

Цінність будь-якої інформації залежить від багатьох обставин і, власне кажучи, не піддається формалізації. Тому в сучасній науці немає якісної характеристики інформації. Існує дві основних форми подання інформації: безупинна і дискретна.

У багатьох випадках, коли статистичний підхід виявляється корисним, вводять поняття про кількість інформації, що міститься в тому чи іншому повідомленні. У цьому випадку інформацію можна охарактеризувати послідовністю дискретних чисел і одиницею інформації є біт – двійковий розряд, що може набувати значення 0 чи 1. Вісім послі-

довних бітів складають байт. Один кілобайт (Кбайт) містить 1024 байти. Мегабайт (Мбайт) містить 1024 (2^{10}) кілобайти і т.д.

Інформація на відміну від ентропії має якісну властивість – **цінність**. Наприклад, в обчислювальній техніці одна і та сама операція може бути реалізована за допомогою різних програм, що відрізняються одна від одної за обсягом в кілька разів.

Чи всі системи є носіями інформації? Так, у системі мікрочастинок їхні хвильові властивості унеможливають точне визначення поведінки такої системи в майбутньому, тобто можна сказати, що знання початкових умов з часом визначає поведінку системи усе з меншою імовірністю – **інформація деградує**, хоча ентропія може не змінюватися. Інформація, записана за допомогою сучасних технічних засобів, деградує з меншою швидкістю, але цей процес неминучий і необоротний. Наша пам'ять відбиває подію тим ясніше і докладніше, чим менший проміжок часу нас від неї відокремлює. Інформація деградує не тільки внаслідок фізичних законів, але й через зростання ентропії.

Фізик - атомник Л. Сціллард показав, що для будь-якого упорядкування молекул необхідно одержувати інформацію про їхню будову, координати і швидкості, тобто здійснювати виміри. Одержання інформації пов'язане із збільшенням ентропії в системі, порівнянне зі зменшенням ентропії за рахунок упорядкування.

Подібні молекулярні машини становлять основу багатьох процесів у живій природі. Розглянемо як приклад роботу мозку. Інформація про навколишній матеріальний світ надходить у головний мозок по нейронах у вигляді нервових імпульсів.

Людський мозок містить 10^{10} нейронів, у кожного нейрона є 10^4 синапсів. **Синапс** – це функціональне з'єднання нейронів, через які відбувається передача інформації між ними. Гранична ємність такої мережі складає не більше ніж 10^{14} бітів ($\sim 10^4$ Гбайтів). Однак ємність людської пам'яті не менша за 10^{20} бітів. Очевидно, нейронний механізм сам по собі не в змозі реалізувати унікальні пізнавальні здібності людини. Тому існують різноманітні гіпотези про будову людської пам'яті, три з яких є найбільш поширеними:

- 1) інформація кодується послідовністю амінокислот у білках, вбудованих у мембрану нейронів. При цьому цілком незрозуміло, як записана таким чином інформація може оброблятися;

- 2) інформація відображається за голографічним принципом. Вважаючи, що об'єм мозку ($\sim 1000\text{см}^3$) збігається з об'ємом голограми, то відповідно до теорії голографічного відображення інформації гранична ємність пам'яті повинна бути $\sim 10^{15}$ бітів. Цього недостатньо. Хоча, з іншого боку, при голографічному способі відображення інформації можлива обробка і реалізація алгоритмів у залежності від змісту, що характерно для людського мислення;
- 3) пояснення роботи людського мозку перебуває за рамками існуючої фізичної картини Світу. Сучасна наука не в змозі пояснити механізм надшвидкісної обробки інформації людським мозком.

4.8.2 Технологія і науково-технічна революція

Історія сучасної людини – це в кінцевому підсумку історія пізнання природи та пристосування її для своїх потреб за допомогою різних технологій.

Технологія – це спосіб матеріальної діяльності людини, спрямований на перетворення природи з метою забезпечення себе матеріальними благами і створення комфортних умов існування.

Науково-технічна революція - це процес удосконалення існуючих технологій і створення нових за такими напрямками:

1 Зменшення енергоємності і ресурсомісткості на одиницю продукції. Наприклад, нові телевізори мають меншу вагу і менше споживають енергії.

2 Зменшення трудомісткості на одиницю продукції за рахунок удосконалення фізико-хімічної основи технології (матеріалів) і впровадження автоматизації виробництва (мікроелектроніки).

3 Збільшення продуктивності праці.

4 Підвищення екологічної безпеки і поліпшення умов праці.

5 Випуск продукції з новими властивостями.

Розвиток промислових технологій приводить до зниження частки населення, зайнятого у виробничому секторі, і збільшення зайнятості у сфері послуг, науки, освіти, охорони здоров'я і культури. Серед трудових навичок уміння обробляти інформацію стає першорядним. Підвищується значущість фундаментальної освіти. Таке суспільство називається **інформаційним**.

Перехід до інформаційного суспільства супроводжується збільшенням вартості промислових технологій.

Найбільше впливають на розвиток цивілізації: мікроелектроніка, лазерна техніка, каталіз, ферментні технології, генна інженерія.

4.9 ОСНОВИ СИНЕРГЕТИКИ

Термодинаміка встановила необоротність реальних процесів. У випадку замкнутих систем ця необоротність виражається в II законі термодинаміки: ентропія реальної замкнутої системи може тільки зростати. Саме зростання ентропії (хаосу) установлює напрямок проходження процесу, тобто «стрілу часу». Еволюція будь-якої замкнутої системи приводить її в стан максимального безладдя.

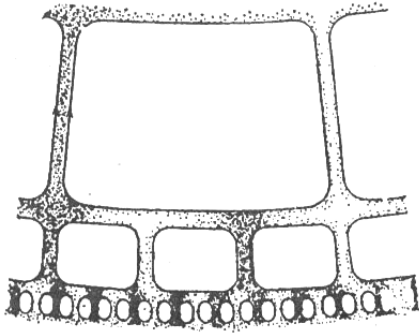
Прагнення поширити II закон термодинаміки на весь Всесвіт закінчилося висновком про «теплову смерть Всесвіту». Особливо суперечить II закон термодинаміки еволюційній теорії, відповідно до якої у світі неживого і живого йдуть процеси, що спричиняють ускладнення структур і форм, збільшення порядку. Це привело до появи поняття **відкритої системи**, тобто системи, що може обмінюватися з навколишнім середовищем речовиною, енергією й інформацією.

Відкрита система бере енергію і речовину з навколишнього середовища і одночасно виводить у навколишнє середовище відпрацьовану речовину й енергію. Така система "витагує" порядок з навколишнього середовища, вносячи при цьому в нього безладдя, тобто у відкритих системах відбуваються різні форми самоорганізації, результатом якої може бути не тільки зростання ентропії, але і її зменшення.

У 1947 р. Пригожиним була сформульована **теорема про мінімум виробництва ентропії** в стаціонарному стані. Якщо граничні умови не дозволяють системі набути стійкої рівноваги, де внутрішнє виробництво ентропії дорівнює нулю, вона буде перебувати в стані з мінімальним виробництвом ентропії.

Стабільність стаціонарних станів з мінімальним виробництвом ентропії зв'язана з **принципом Ле Шательє-Брауна**: система, виведена зовнішнім впливом зі стану з мінімальним виробництвом ентропії, стимулює виробництво процесів, спрямованих на ослаблення зовнішнього впливу.

У 70-х роках ХХ століття виникла нова наука **синергетика**, авторами якої є фізик Г.Хакен і біолог І.Пригожин. Термін "синергетика"



(від грецького *synergetike* – "співробітництво, спільна дія") увів німецький фізик зі Штутгарда Герман Хакен для того, щоб підкреслити роль колективного поведіння підсистем, що утворюють систему.

Самоорганізація, за визначенням Хакена, -це "спонтанне утворення високоупорядкованих структур із зародків і навіть хаосу", самочинний перехід від неупорядкованого стану до упорядкованого за рахунок спільної, кооперативної дії багатьох підсистем.

Синергетика – це теорія самоорганізації відкритих дисипативних нелінійних систем. До таких систем можна віднести всі живі і неживі, природні і суспільні системи. Синергетика вивчає виникнення просторово-часових структур у макроскопічних масштабах внаслідок самоорганізації безвідносно до природи систем.

Якими ж повинні бути системи, в яких виникає самоорганізація, що приводить до структурування? По-перше, це, безумовно, повинна бути відкрита система, по-друге, вона повинна бути дисипативною. Без дисипації (розсіювання) створюваних у системі неоднорідностей нові структури виникати не можуть. По-третє, система повинна складатися з дуже великої кількості підсистем. І хоча природа цих підсистем може бути будь-якою, проте виявляється можливим описувати процеси самоорганізації, що відбуваються в цих системах, в рамках одних і тих самих математичних понять і методів, одних і тих самих рівнянь.

4.9.1 Приклади синергетичних систем

Розглянемо приклади систем, до яких виявляються застосовними синергетичні підходи.

Фізика - усі фазові переходи у фізичних системах, що перебувають в термодинамічній рівновазі, робота лазера, тунельні діоди та багато інших.

Наприклад, у плазмі можуть спостерігатися різні види упорядкування під впливом магнітного поля в умовах сили тяжіння температури. Це конвективні комірки на Сонці. Речовина в конвективній зоні нагадує бульйон у киплячому казані. Весь об'єм зони розбивається на конвективні комірки, у центральній частині яких гаряча речовина під-

німається нагору, а на периферії більш холодна – і, отже, більш важка – опускається вниз. Очевидно, конвективна зона містить кілька ярусів конвективних комірок. Зовнішні комірки виносять речовину вже безпосередньо до фотосфери, що дозволяє спостерігати їх у вигляді гранул.

Хімія. *Самоорганізація може відбуватися й у хімічних системах, особливий інтерес для синергетики становлять явища, що супроводжуються утворенням макроскопічних структур.*

Наприклад, реакції Белоусова – Жаботинського.

Біологія. *Тваринний світ дає нам справді величезну кількість високоупорядкованих структур. Тут ніщо не відбувається без кооперації окремих її частин на високому рівні. Найбільш доступними для синергетичного вивчення є динаміка популяцій і еволюція.*

Еволюцію можна розглядати як утворення все нових і нових макроскопічних структур. Моделі еволюції ґрунтуються на математичному формулюванні принципу Дарвіна з урахуванням мутаційних процесів.

Теорія обчислювальних систем. У цій області синергетика відповідає на запитання: як скомпонувати елементи обчислювальної машини, щоб система в цілому функціонувала нормально. Природа справилася з проблемою побудови надійних систем з ненадійних елементів.

Економіка. Макроскопічні ситуації, що відбуваються в економіці, часом мають драматичний характер. Типовий приклад: перехід від повної зайнятості до неповної. Зміна деяких параметрів управління, таких, як переорієнтація капіталовкладень зі збільшення випуску продукції на удосконалення виробництва, може привести до нового стану економіки, тобто до неповної зайнятості. Коливання між цими двома станами спостерігалися і можуть бути пояснені методами синергетики. Іншим прикладом розвитку макроскопічних систем може бути еволюція суспільства від аграрного до індустріального. Застосування синергетичних методів до прогнозування економіки вже зараз дозволяє одержати гарні результати.

Екологія. Різкі зміни в макроскопічних масштабах спостерігаються в екології: збільшення забруднення навколишнього середовища на кілька відсотків може призвести і призводить до вимирання цілих популяцій.

Соціологія. Дослідження соціологів переконливо свідчать, що формування «суспільної думки» - колективне явище. Це, наприклад, експерименти С. Еша.

4.9.2 Властивості синергетичних систем

В усіх цих випадках ми маємо справу з процесами самоорганізації, що приводять до виникнення якісно нових структур у макроскопічних масштабах.

Якими ж повинні бути властивості синергетичних систем?

1 Система повинна бути відкритою, дисипативною і перебувати далеко від термодинамічної рівноваги.

2 Стохайстичність. Часова еволюція синергетичних систем залежить від причин, не передбачуваних з абсолютною точністю. Виникнення і посилення порядку в таких системах відбувається через флуктуації, що приводять до розхитування старого порядку і виникнення нового.

3 Самоорганізація відкритих систем спирається на принцип позитивного зворотного зв'язку, відповідно до якого зміни, що з'являються в системі, не усуваються, а навпаки накопичуються і підсилюються, що і приводить до виникнення нового порядку і структури.

4 Система повинна мати досить велику кількість взаємодіючих між собою елементів і, отже, мати деякі критичні розміри. У протилежному разі самоорганізації (колективного поводження елементів системи) може не бути.

Виявляється, чим вище у своєму еволюційному розвитку знаходиться система, тим більш складними і численними будуть фактори, що впливають на її самоорганізацію. Стало ясно, що головною умовою розвитку будь-яких систем є їхня взаємодія з навколишнім середовищем. Саме в результаті цієї взаємодії відбувається обмін речовиною, енергією й інформацією, що і приводить в остаточному підсумку до спонтанного виникнення нових структур. Отже, самоорганізація є основою і джерелом еволюції. Крім того, еволюція системи впливає на стан і зміни тих систем, з якими дана система взаємодіє.

Синергетика – молода наука, що швидко розвивається. Можливо, саме вона відповість на численні фундаментальні питання сучасного природознавства: про еволюцію Всесвіту, про виникнення життя, про шляхи його розвитку, про появу Розуму і т.п.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

- 401 Оцініть вплив цивілізації на кліматичні зміни. Які можливості прогнозування існують і які перспективи мають кліматичні зміни для людства?
- 402 Що дало б людству знання про існування неземних цивілізацій? До чого б призвів контакт з ними? Що таке "феномен німого Всесвіту"?
- 403 Спробуйте дати визначення життя. Як оцінює сучасна наука можливість випадкового утворення живої субстанції?
- 404 Охарактеризуйте діяльність Римського клубу.
- 405 У чому зміст концепції стійкого розвитку? (1992 р., "Конференція ООН з питань навколишнього середовища і розвитку").
- 406 Глобальні проблеми сучасної екології.
- 407 Дайте визначення погоди, клімату та оцініть їхні властивості і взаємозв'язок. Чому клімат - глобальна характеристика?
- 408 Оцініть вплив цивілізації на кліматичні зміни. Які можливості прогнозування існують? Охарактеризуйте перспективи кліматичних змін для людства.
- 409 Особливості сучасної екологічної кризи.
- 410 Господарська діяльність людини й екологія.
- 411 Геологічні особливості сучасної екологічної кризи. Техногенний вплив на геологічне середовище.
- 412 Дайте визначення екології, екологічної кризи, глобальної екологічної катастрофи. Охарактеризуйте техногенний вплив на водні ресурси.
- 413 Що таке парниковий ефект? Які його причини і наслідки?
- 414 Як утворюється озоновий шар атмосфери і яку роль він відіграє у розвитку життя на Землі? Чим загрожує людству озонова діра і як цьому можна було б запобігти?
- 415 Техногенний вплив на атмосферу.
- 416 Зростання народонаселення. Чому це є негативним фактом на фоні сучасної екологічної кризи?
- 417 Вплив сільськогосподарської діяльності на екологію.
- 418 Чим загрожує людству вирубування лісів?
- 419 Яких заходів вживає міжнародна спільнота щодо запобігання екологічної катастрофи?

- 420 Охарактеризуйте вплив екологічної обстановки в Україні на життя і здоров'я її населення.
- 421 Як пов'язані екологія, економіка і політика? Шляхи вирішення екологічних проблем.
- 422 Урбанізація і екологія. Техногенний вплив на літосферу.
- 423 Що таке ядерна зима? Які наслідки ядерного конфлікту?
- 424 До чого може призвести глобальне потепління на планеті? Що його спричиняє?
- 425 Які моделі розвитку Всесвіту Вам відомі? Порівняйте їх.
- 426 Як виглядає Чумацький Шлях у різних проекціях?
- 427 Яке місце займає Сонце серед зірок? У яких рухах воно бере участь?
- 428 Дайте поняття сонячної активності, оцініть, як впливає періодичність її зміни на нашу планету.
- 429 Як було відкрито явище однорідного розширення Всесвіту? Які факти свідчать про те, що Всесвіт мав "гарячий" початок?
- 430 Реліктове випромінювання. Його властивості і вплив на розвиток науки.
- 431 Сонце і Земля. Можливі причини сонячної активності і її вплив на процеси, що відбуваються на Землі.
- 432 Астрономічна модель Всесвіту.
- 433 Галактики. Типи галактик.
- 434 Які космічні чинники визначають зміни клімату планет?
- 435 Основні характеристики і структурні одиниці Всесвіту.
- 436 Зірки. Їх властивості й еволюція.
- 437 Сонце. Його будова, властивості. Сонце і Земля.
- 438 Основні структурні одиниці сучасного Всесвіту.
- 439 Одиниці вимірювання космічних відстаней. На яких принципах вони ґрунтуються?
- 440 Наша Галактика – Чумацький Шлях. Як вона виглядає в різних проекціях?
- 441 Пульсари. Історія відкриття. Властивості пульсарів.
- 442 Квазари – маяки Всесвіту.
- 443 Міжзоряне середовище, його властивості і функції.
- 444 Етапи Великого Вибуху.
- 445 Розширення Всесвіту. Закон Хаббла.
- 446 Що Ви знаєте про чорні діри?
- 447 Теорії походження Сонця і Сонячної системи.

- 448** Роль сонячних нейтрино у дослідженні Сонця.
- 449** Поясніть суть принципу Ле Шательє. Знайдіть приклади застосування цього принципу поза хімією.
- 450** Інформація. Її властивості і способи виміру. Інформаційні технології.
- 451** Сутність і ознаки науково-технічної революції.
- 452** Теорії порядку і хаосу.
- 453** Основи інформаційної цивілізації.
- 454** Способи запису і збереження інформації.
- 455** Лазерні технології.
- 456** Принципи синергетики.
- 457** Концепція самоорганізації і її становлення.
- 458** Опишіть роль і вплив лазерних технологій на науково - технічний прогрес.
- 459** Що Вам відомо про особливості і будову людської пам'яті?
- 460** Чому сучасне суспільство неможливе без каталізу, ферментних технологій? Що це за технології?

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

Таблиця А.1 - Грецький алфавіт

Літера	Назва літери	Літера	Назва літери
Α α	альфа	Ν ν	ню
Β β	бета	Ξ ξ	ксі
Γ γ	гамма	Ο ο	омікрон
Δ δ	дельта	Π π	пі
Ε ε	епсилон	Ρ ρ	ро
Ζ ζ	дзета	Σ σ	сигма
Η η	ета	Τ τ	тау
Θ θ	тета	Υ υ	іпсилон
Ι ι	йота	Φ φ	фі
Κ κ	каппа	Χ χ	хі
Λ λ	ламбда	Ψ ψ	псі
Μ μ	мю	Ω ω	омега

Чисельні константи

$\pi = 3,14159$ – відношення довжини окружності до діаметра;

$$e = \lim_{x \rightarrow \infty} (1 + x)^{1/x} = 2,71828.$$

Таблиця А.2 - Префікси для утворення кратних і часткових одиниць

Префікс	Значення	Позначення
Екса	10^{18}	Е
Пета	10^{15}	П
Тера	10^{12}	Т
Гіга	10^9	Г
Мега	10^6	М
Кіло	10^3	к
Гекто	10^2	г
Дека	10	да
Деци	10^{-1}	д
Санти	10^{-2}	с
Мілі	10^{-3}	м
Мікро	10^{-6}	мк

Продовження табл. А.2

Нано	10^{-9}	н
Піко	10^{-12}	п
Фемто	10^{-15}	ф
Атто	10^{-18}	а

Астрономічні сталі

Радіус Сонця – $6,96 \cdot 10^8$ м.
 Радіус Землі – $6,38 \cdot 10^6$ м.
 Радіус Місяця – $1,74 \cdot 10^6$ м.
 Маса Сонця – $1,99 \cdot 10^{30}$ кг.
 Маса Землі – $5,98 \cdot 10^{24}$ кг.
 Маса Місяця – $7,35 \cdot 10^{22}$ кг.
 Відстань від Землі до Місяця – $3,84 \cdot 10^8$ м.
 Відстань від Землі до Сонця – $1,50 \cdot 10^{11}$ м.
 Середня орбітальна швидкість Землі – $2,98 \cdot 10^4$ м/с.
 Відстань(середня) від Плутона до Сонця – 39,5 а.о.
 Діаметр Галактики – 25 кпк.
 Сонячна стала – $1,36$ кВт / м².
 Потужність випромінювання Сонця – $3,8 \cdot 10^{20}$ МВт.
 Видимий діаметр Сонця і Місяця – $0,5^{\circ}$.

Фізичні константи

Швидкість світла у вакуумі $c = 2,998 \cdot 10^8$ м/с.
 Стала гравітації $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ м³ / (кг·с²).
 Число Авогадро $N_0 = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹.
 Універсальна газова стала $R = 8,32$ Дж / (К·моль) =
 $= 1,986$ кал / (К·моль).
 Стала Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж / К.
 Елементарний заряд $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл.
 Маса електрона $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ кг.
 Питомий заряд електрона $e/m_e = 1,76 \cdot 10^{11}$ Кл / кг.
 Маса протона $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг.
 Стала Планка $h = 4,114 \cdot 10^{-15}$ еВ·с =
 $= 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж / Гц;
 $\hbar = h/2\pi = 6,58 \cdot 10^{-16}$ еВ·с = $1,05 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.
 Число Фарадея $F = 9,665 \cdot 10^4$ Кл· кг·моль⁻¹.

Стала Стефана-Больцмана	$\sigma = 5,676 \cdot 10^{-8} \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К}^4\text{)}$.
Електрична стала	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф / м}$.
Магнітна стала	$\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Гн / м}$.

Одиниці для вимірювання великих відстаней

1 астрономічна одиниця (а.о.) – середня відстань від Землі до Сонця. $1 \text{ а.о.} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ м}$.

1 світловий рік (св.рік) – відстань, яку проходить світло за один рік: $1 \text{ св.рік} = 9,4605 \cdot 10^{15} \text{ м}$.

1 парсек (пк) – відстань, з якої радіус орбіти Землі видно під кутом, який дорівнює одній секунді $= 3,0857 \cdot 10^{16} \text{ м}$.

Таблиця А.3 - Одиниці для вимірювання малих відстаней

Одиниця довжини	Позначення	Значення в м(СІ)
Мікрон (мікрометр)	мкм	10^{-6} м
Нанометр	нм	10^{-9} м
Ангстрем	<i>А</i>	10^{-10} м
Пікометр	пм	10^{-12} м

Деякі співвідношення між одиницями вимірювання фізичних величин

1 Одиниця довжини в СІ – метр (м):

- $1 \text{ мікрон (мкм)} = 10^{-6} \text{ м}, 1 \text{ м} = 10^6 \text{ мкм};$
- $1 \text{ ангстрем(А)} = 10^{-10} \text{ м}, 1 \text{ м} = 10^{10} \text{ А};$
- $1 \text{ астрономічна одиниця (а.о.)} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ м};$
- $1 \text{ світловий рік (св.рік)} = 9,4605 \cdot 10^{15} \text{ м};$
- $1 \text{ парсек (пк)} = 3,0857 \cdot 10^{16} \text{ м}.$

2 Одиниця маси в СІ – кілограм (кг):

- $1 \text{ г} = 10^{-3} \text{ кг}, 1 \text{ кг} = 10^3 \text{ г};$
- $1 \text{ тонна} = 1 \text{ т} = 10^3 \text{ кг}, 1 \text{ кг} = 10^{-3} \text{ т};$
- $1 \text{ атомна одиниця маси} = 1 \text{ а.о.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}.$

3 Одиниця часу в СІ – секунда(с):

- $1 \text{ середня сонячна доба} = 86400 \text{ с};$
- $1 \text{ рік} = 365,25 \text{ доби} = 3,16 \cdot 10^7 \text{ с}.$

4 Одиниця плоского кута – радіан (рад):

- $1^\circ = \pi / 180 \cdot \text{рад} = 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ рад};$

- $1' = 2,91 \cdot 10^{-4}$ рад;
 $1'' = 4,85 \cdot 10^{-6}$ рад $1 \text{ рад} = 206265'' = 3438' = 57,3^\circ$.
- 5 Одиниці площі та об'єму:**
 $1 \text{ гектар(га)} = 10^4 \text{ м}^2$, $1 \text{ літр} = 1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3$
- 6 Одиниці кутової швидкості:**
 $1 \text{ об/хв} = \pi / 30 \text{ рад/с}$ $1 \text{ об/с} = 2\pi \text{ рад/с}$.
- 7 Одиниця сили в СІ – ньютон(Н):**
 $1 \text{ дін} = 10^{-5} \text{ Н}$, $1 \text{ Н} = 10^5 \text{ дін}$;
 $1 \text{ кгс} = 9,81 \text{ Н}$, $1 \text{ Н} = 0,102 \text{ кгс}$;
 $1 \text{ тс} = 9,81 \cdot 10^3 \text{ Н}$, $1 \text{ Н} = 1,02 \cdot 10^{-4} \text{ тс}$;
 $1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}$.
- 8 Одиниця роботи, теплоти, енергії в СІ – джоуль (Дж):**
 $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м} = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$, $1 \text{ Дж} = 10^7 \text{ ерг}$;
 $1 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 9,81 \text{ Дж}$, $1 \text{ Дж} = 0,102 \text{ кгс} \cdot \text{м}$;
 $1 \text{ кал} = 4,19 \text{ Дж}$, $1 \text{ Дж} = 0,239 \text{ кал}$;
 $1 \text{ Вт} \cdot \text{год} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ Дж}$, $1 \text{ Дж} = 2,78 \cdot 10^{-4} \text{ Вт} \cdot \text{год}$;
 $1 \text{ еВ} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$, $1 \text{ Дж} = 6,25 \cdot 10^{18} \text{ еВ}$;
 $1 \text{ ерг} = 10^{-7} \text{ Дж}$.
- 9 Одиниця потужності, теплового потоку в СІ – Ватт (Вт):**
 $1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж} / \text{с} = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3}$, $1 \text{ ерг} / \text{с} = 10^{-7} \text{ Вт}$;
 $1 \text{ кгс} \cdot \text{м} / \text{с} = 9,81 \text{ Вт}$, $1 \text{ Вт} = 0,102 \text{ кгс} \cdot \text{м} / \text{с}$;
 $1 \text{ к.с.} = 736 \text{ Вт}$ $1 \text{ Вт} = 1,36 \cdot 10^{-3} \text{ к.с.}$;
 $1 \text{ Вт} = 10^7 \text{ ерг} / \text{с}$.
- 10 Одиниця тиску, механічної напруги в СІ – паскаль(Па)**
 $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н} / \text{м}^2 = 10 \text{ дін} / \text{см}^2 = 1 \text{ м}^{-1} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$;
 $1 \text{ кгс} / \text{м}^2 = 9,81 \text{ Па}$, $1 \text{ Па} = 0,102 \text{ кгс} / \text{м}^2$;
 $1 \text{ мм рт.ст.} = 133 \text{ Па}$, $1 \text{ Па} = 7,52 \cdot 10^{-3} \text{ мм рт.ст.}$;
 $1 \text{ атм} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $1 \text{ Па} = 9,87 \cdot 10^{-6} \text{ атм}$.
- 11 Одиниця температури в СІ – кельвін(К):**
 $t[^\circ\text{C}] = T[\text{K}] - 273,15$;
 $t[^\circ\text{F}] = 1,8 \cdot (T[\text{K}] - 255,37)$;
 $t[^\circ\text{F}] = 1,8 \cdot t[^\circ\text{C}] + 32$.

Таблиця А.4 - Дані про Землю

Назва величини	Числове значення
Середня відстань від Сонця	149 597 892 км (1а.о.)
Екваторіальний радіус	6 378,140 км

Продовження табл.А.4	
Полярний радіус	6 356,774 км
Стиснення земного еліпсоїда	1/298,25
Довжина окружності екватора	40 075,160 км
Площа поверхні	$5,101 \cdot 10^8 \text{ км}^2$
Об'єм	$1,083 \cdot 10^{12} \text{ км}^3$
Маса	$5,976 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Середня густина	$5,517 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$
Середня швидкість руху по орбіті	29,765 км/з = 100 000км/год
Нахил земної осі до площини орбіти	$66^0 33'$
Вік Землі	4,6 млрд. років

Таблиця А.5 - Дані про Сонце

Назва величини	Числове значення
Лінійний діаметр	1 390 600 км (~109 діаметрів Землі)
Площа поверхні	$6 \cdot 10^{12} \text{ км}^2$ (11 900 площ поверхні Землі)
Об'єм	$1,412 \cdot 10^{18} \text{ км}^3$ (1 303 800 об'ємів Землі)
Маса	$1,989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$ (2 958 мас Землі)
Середня густина	$1,409 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ (0,26 густини Землі)
Потужність загального випромінювання	$374 \cdot 10^{21} \text{ кВт}$
Температура поверхні	6 000 К
Швидкість руху Сонця навколо центра Галактики	250 км/с

Таблиця А.6 - Дані про Місяць

Назва величини	Числове значення
Середня відстань від Землі	384 400 км
Лінійний діаметр	3 476 км (0,27 діаметра Землі)
Площа поверхні	$3,796 \cdot 10^7 \text{ км}^2$

Продовження табл. А.6	
Об'єм	$2\,195,3 \cdot 10^7 \text{ км}^3$ (0,02 об'єму Землі)
Маса	$7,35 \cdot 10^{22} \text{ кг}$ (1/81 маси Землі)
Густина	$3,347 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ (0,6 густини Землі)
Середня швидкість руху по орбіті	3 681 км/год

Таблиця А.7 - Дані про рух планет Сонячної системи

Назва планети	Середня відстань від Сонця, млн. км	Період обертання навколо Сонця (у роках і порівн. добах)	Середня швидкість орбітального руху	ПЕРІОД ОБЕРТАННЯ НАВКОЛО ОСІ (добі і години)
Меркурій	57,91	0,24 (88 діб)	47,87	58,6 доби
Венера	108,21	0,62 (224,7)	35	243,16 доби
Земля	149,6	1,00 (365,26)	29,79	23год 56хв 4с
Марс	227,94	1,88 (687)	24,13	24год 37хв 23с
Юпітер	777,8	11,86	13,05	9год 50хв 30с
Сатурн	1427	29,46	9,65	10год 14хв
Уран	2869	84,02	6,8	10год 49хв
Нептун	4496,7	164,8	5,43	15год 48хв
Плутон	5947	247,7	4,74	6,39 доби

Таблиця А.8 - Фізичні характеристики планет Сонячної системи

Назва планети	Маса, кг	Середня густина, г/см ³	Температура поверхні, К	Сила тяжіння на поверхні, (Земля=1)	Екваторіальний діаметр, км
Меркурій	$3,15 \cdot 10^{23}$	5,44		0,38	4 880
Венера	$4,89 \cdot 10^{24}$	5,16	743	0,91	12 104
Земля	$5,98 \cdot 10^{24}$	5,52		1,00	12 756

Марс	$6,42 \cdot 10^{23}$	3,94	250-320	0,38	6 776
Продовження табл. А.8					
Юпітер	$1,89 \cdot 10^{27}$	1,88	173(макс.)	2,34	140 140
Сатурн	$5,68 \cdot 10^{26}$	0,71	127	0,93	115 600
Уран	$8,68 \cdot 10^{25}$	1,47	90 (макс.)	0,85	49 400
Нептун	$1,03 \cdot 10^{26}$	1,7	72 (макс.)	1,14	49 008
Плутон	$1,4 \cdot 10^{24}$	1,3	63 (макс.)	0,04	2 300

Таблиця А.9 - Розподіл водяних мас у гідросфері Землі*

Види природних ресурсів	Об'єм води, тис. км³	Процент від загальних запасів води
Світовий океан	1 370 000	94,0
Підземні води	60 000	4,0
Льодовики	24 000	1,7
Озера	280	0,02
Грунтова волога	80	0,01
Пари атмосфери	14	0,001
Річкові води	1,2	0,0001
Усього		1 450 000

*За М.І. Львовичем, 1986 р.

Таблиця А.10 - Число основних типів рослин **

Рослини	Кількість
Нижчі:	
Водорості	35 000
Бактерії і гриби	105 000
Лишайники	26 000
Вищі:	
Мохоподібні	25 000 – 35 000
Плаунові	970
Хвощеподібні	30 – 35
Папороті	10 000
Голонасінні	600
Покритонасінні	250 000
Усього	500 000

Таблиця А.11 - Число основних типів тварин **

Тварини	Кількість
Найпростіші	25 000 – 30 000
Губки	5 000
Кишковопорожнинні	9 000
Хробаки (плоскі й ін.)	27 000
Нематоди (круглі хробаки)	500 000
Молюски	107 000
Членистоногі (без комах)	50 000
Комахи	1 000 000
Погонофори	Понад 100
Голкошкірі	Близько 6 000
Хордові	46 000
Усього	1 500 000
**За А. Г. Вороновим, 1978 р. (приблизно)	

Таблиця А.12 - Біомаса організмів Землі **

Середовище	Група організмів	Маса 10^{12} г	Частка в загальній масі, %
Континенти	Зелені рослини	2,40	99,2
	Тварини та мікроорганізми	0,02	0,8
	Всього	2,42	100,0
Океани	Зелені рослини	0,0002	6,3
	Тварини та мікроорганізми	0,003	93,7
	Всього	0,0032	100,0
Біомаса організмів Землі		2,4232	
** За М.І. Базілевичем, 1971 р.			

**Таблиця А.13 - Середній хімічний склад атмосфери
(сухе повітря)**

Компонент атмосфери	Об'ємна частка, %	Масова частка, %
N_2	78,08	75,51
O_2	20,95	23,15
Ar	0,93	1,28
CO_2	0,03	0,046
Ne	$1.8 \cdot 10^{-3}$	$1,35 \cdot 10^{-3}$
He	$4.2 \cdot 10^{-4}$	$0,72 \cdot 10^{-4}$
CH_4	$2,22 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Kr	$1 \cdot 10^{-4}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$
NO_2	$1 \cdot 10^{-4}$	$1.5 \cdot 10^{-4}$
H_2	$5 \cdot 10^{-5}$	$0,3 \cdot 10^{-5}$
Xe	$8 \cdot 10^{-6}$	$3,6 \cdot 10^{-5}$
O_3	$1 \cdot 10^{-6}$	$3,6 \cdot 10^{-5}$

Таблиця А.14 - Сольовий склад морської води

Солі	Процент від загальної маси
Хлориди	88,7
Сульфати	10,8
Карбонати	0,3
Інші	0,2

Таблиця А.15 - Основні забруднювачі біосфери

Назва речовини	Вплив на біосферу
Вуглекислий газ CO_2	Утворюється при згорянні усіх видів палива. Збільшення його вмісту в атмосфері призводить до підвищення її температури, що може викликати пагубні геохімічні та екологічні наслідки
Оксид вуглецю (чадний газ) CO	Утворюється при неповному згорянні палива. Може порушити тепловий баланс верхнього шару атмосфери
Сірчистий газ, SO_2	Міститься в димах промислових підприємств. Викликає загострення різних захворювань. Завдає шкоди рослинам. Роз'їдає вапняк

Продовження табл. А.15	
Оксиди азоту	Створюють смог і викликають респіраторні захворювання у немовлят. Сприяють збільшенню водної рослинності
Фосфати	Містяться в добривах, є основними забруднювачами води у ріках і озерах
Ртуть	Один з небезпечних забруднювачів харчових продуктів морського походження. Накопичується в організмі і шкідливо діє на нервову систему
Свинець	Додається в бензин. Діє на ферментні системи й обмін речовин у живих клітинах
Нафта	Призводить до пагубних екологічних наслідків, викликає загибель планктонних організмів: риб, морських птахів і ссавців
ДДТ та ін. пестициди	Дуже токсичні для ракоподібних. Призводять до загибелі риби і організмів, що є кормом для риб. Більшість з них є канцерогенами
Радіація	У перевищено припустимих дозах призводить до злоякісних новоутворень і генетичних мутацій

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абдеев Р.Ф. Философия информационной цивилизации. - М.: Владивосток, 1994.
2. Андреев И.Л. Происхождение человека и общества. – М.: Мысль, 1982.
3. Биологические ритмы / Под ред. Ашоффа. – М.: Мир, 1984.
4. Богданов К.Ю. Физик в гостях у биолога. – М.: Наука, 1986.
5. Боген Г. Современная биология. – М.: Мир, 1970.
6. Браунштейн А.Е. На стыке химии и биологии. – М.: 1984.
7. Бялко А.В. Наша планета – Земля. – М.: Наука, 1989.
8. Вейник А.И. Термодинамика реальных процессов. – Минск, 1991.
9. Вернадский В.И. Научная мысль как планетное явление. – М.: Наука, 1991.
10. Взаимосвязь физической и религиозной картин мира. – Вып. 1. - Кострома: МИИЦИАОСТ, 1996.
11. Винер Н. Кибернетика. – М.: Советское радио, 1968.
12. Войткович Г.В. Происхождение и химическая революция Земли. – М.: Наука, 1973.
13. Войткович Г.В. Химическая эволюция Солнечной системы. – М.: Наука, 1991.
14. Воронов В.К., Гречнёва М.В., Сагдеев Р.З. Основы современного естествознания. – М.: Высшая школа, 1999.
15. Гуревич Л.Э., Чернин А.Д. Происхождение галактик и звезд. – М.: Наука, 1983.
16. Девис П. Случайная Вселенная. – М.: Мир, 1989.
17. Девис П. Суперсила. – М.: Мир, 1989.
18. Демин В.Г. Судьба Солнечной системы. – М.: Наука, 1969.
19. Дубнищева Т.Я., Пигарев А.Ю. Концепции современного естествознания. – М.: ЮКАЭА, 2000.
20. Дягелев Э.Ф. Концепции современного естествознания. – М.: ИМПЭ, 1998.
21. Казначеев В.П., Спиринов Е.А. Космопланетарный феномен человека. – Новосибирск: Наука, 1999.
22. Камшилов М.М. Эволюция биосферы. – М.: Наука, 1979.
23. Карпенко М. Разумная Вселенная. – М.: Мир географии, 1992.
24. Карпенков С.Х. Концепции современного естествознания. – М.: ЮНИТИ, 1998.

25. Кастлер Г. Возникновение биологической организации. – М.: Мир, 1967.
26. Кемп П., Армс К. Введение в биологию. – М.: Мир, 1988.
27. Кесслер Г. Ядерная энергетика. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
28. Климишин И.А. Астрономия наших дней. – М.: Наука, 1976.
29. Климонтович Н.Ю. Без формул о синергетике. – Минск: Высшая школа, 1986.
30. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Законы эволюции и самоорганизация сложных систем. – М.: Наука, 1994.
31. Концепции современного естествознания: Учебник для вузов / В.Н.Лавриченко, В.П. Ратников, В.Ф. Голубь и др. – М.: ЮНИТИ, 1997.
32. Купер Л. Физика для всех: В 2 т. – М.: Мир, 1971.
33. Лейзер Д. Создавая картину вселенной. – М.: Мир, 1988.
34. Линде А.Д. Физика элементарных частиц и инфляционная космология. – М.: Наука, 1990.
35. Мирошниченко Л.И. Солнечная активность и Земля. – М.: Наука, 1981.
36. Михайловский В.Н., Хон Г.Н. Диалектика формирования современной научной картины мира. – Л.: УГУ, 1989.
37. Мерион Дж.Б. Общая физика с биологическими примерами. – М.: Высшая школа, 1986.
38. Назаретян А.Г. Интеллект во вселенной. – М.: Недра, 1990.
39. Небел Б. Наука об окружающей среде. Как устроен мир. – М.: Мир, 1993.
40. Новиков И.Д. Как взорвалась вселенная. – М.: Наука, 1988.
41. Одум Г., Одум Э. Энергетический баланс природы человека. – М.: Прогресс, 1978.
42. Орир Дж. Физика: В 2 т. – М.: Мир, 1981.
43. Поплавский Р.П. Термодинамика информационных процессов. – М.: Наука, 1981.
44. Пригожин И.Р., Стенгерс И. Время, хаос, квант. – М.: Мир, 1994.
45. Резанов И.А. Великие катастрофы в истории земли. – М.: Наука, 1980.
46. Рьюз М. Философия биологии. – М.: Прогресс, 1977.
47. Рефф Р., Кофман Т. Эмбрионы, гены и развитие. – М.: Мир, 1986.
48. Самоорганизация в науке / Под ред. И.Г. Акчурина, В.И. Аршинова. – М.: Агро, 1994.

49. Суорц Кл.Э. Необыкновенная физика обыкновенных явлений: В 2 т. – М.: Наука, 1986.
50. Тейяр де Шарден. Феномен человека. – М., 1986.
51. Гринчер К.С. Биология и информация. – М.: Наука, 1965.
52. Фейнман Р. Характер физических законов. – М.: Наука, 1977.
53. Филюков А.И. Эволюция и вероятность. – Минск: Наука и техника, 1972.
54. Франк – Каменецкий М.Д. Самая главная молекула. – М.: Наука, 1988.
55. Франсон М. Голография. – М.: Мир, 1972.
56. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980.
57. Хесин – Лурье Р.Б. Непостоянство генома. – М.: Наука, 1984.
58. Хокинг С. От Большого Взрыва до черных дыр. Краткая история времени. – М.: Мир, 1990.
59. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. – М.: Мысль, 1976.
60. Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум. – М.: Наука, 1988.
61. Шкловский И.С. Проблемы современной астрофизики. – М.: Наука, 1982.
62. Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики? – М.: ИЛ, 1947; Атомиздат, 1972.
63. Эйген М. Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул. – М.: Мир, 1973.
64. Экологические уроки прошлого и современность. – Л.: Наука, 1991.
65. Эмсли Дж. Элементы. – М.: Мир, 1993.
66. Эткинс П. Порядок и беспорядок в природе. – М.: Мир, 1987.
67. Яблоков А.В. Актуальные проблемы в эволюционной теории. – М., 1966.

Абіогенез	51	Другий закон термо-	
Австралопітеки	54	динаміки	32
Автотрофи	50	Евклідовість	11
Антропний принцип	78	Екологія	59
Антропогенез	53	Електричне поле	39
Астрономія	9	Електричний струм	39
Білий карлик	73	Електромагнітна	
Біогенез	51	взаємодія	12,38
Біогеоценоз	50	Електростатика	38
Біосфера	49,50	Елементарні частинки	29
Біологія	9,48	Енергія	15
Біотичний кругообіг	51	Енергія потенціаль-	
Біоцентризм	62	на	16
Безперервність прос-		Енергія кінетична	16
тору	11	Енергія зв'язку	26
Ван – дер - Ваальсові		Ентропія	33
сили	46	Життя	48
Великий Вибух	76	Закон Всесвітнього	
Вид	50	тяжіння	12
Відкрита модель		Закон Джоуля – Ленца	40
Всесвіту	71	Закон електромагні-	
Відкриті системи	32,86	тної індукції	40
Водневий зв'язок	46	Закон збереження	
Всесвіт	69	електричного заряду	39
Галактики	63,67	Закон Кулона	39
Гетеротрофи	50	Закон Ома	39
Гіпотеза Джинса	81	Закон радіоактивно-	
Гіпотеза Канта –		го розпаду	27
Лапласа	81	Закон Хаббла	64
Гіпотеза Шмідта	81	Закрита модель Все-	
Гравітаційна взаємо-		світу	71
дія	12	Замкнута система	32
Дефект маси	26	Зірка	65
Діамагнетик	41	Ізотропність простору	11
Другий закон Нью-		Інформаційне суспіль-	
тона	13	ство	83

Інформація	83	Основний закон обер- тального руху	15
Іонний (гетерополяр- ний) зв'язок	45	Панспермія	52
Квантовий об'єкт	24	Парамагнетик	40
Квантування	23	Перший закон Нью- тона	13
Квасари	67	Перший закон термо- динаміки	32
Кварки	30	Популяція	50
Ковалентний (гомеопо- лярний) зв'язок	45	Постулати спеціаль- ної теорії відносності	17
Конвективна зона	79	Потенціальна яма	16
Корона Сонця	79	Принцип Ле Шательє – Брауна	86
Корпускулярно- хвильовий дуалізм	24	Принцип доповнення Н.Бора	24
Космологія	69	Природознавство	9
Креаціонізм	52	Проблема двох куль- тур	10
Кроманьйонець	54	Проблеми екології	59-61
Лазер	42	Проблема зростання кількості народонасе- лення	59
Лазерні технології	43	Проблема зміни скла- ду атмосфери і кліма- ту	60
Магнетизм	40	Проблема виснаження водних ресурсів	60
Метагалактика	64	Проблема знищення лісів і виснаження грунтів	60
Металевий зв'язок	46	Проблема техноген- ного впливу на геосе- редовище	61
Механіка	13	Простір	11
Міжзоряне середовище	66	Протон	25
Мікрочастинка	24	Пульсар	73
Молекулярна фізика	30	Радіоактивність	27
Найдавніші люди	54	Реліктове випроміню- вання	71,76
Науково-технічна ре- волюція	85		
Неандертальці	54		
Нейтронна зірка	73		
Нейтрон	25		
Нуклон	25		
Обертальний рух	14		
Одна астрономічна одиниця	63		
Односпрямованість часу	12		
Однорідність часу	11		
Однорідність простору	11		
Оптика	42		

Рівняння Ейнштейна для фотоелекту	43	Хімічний зв'язок	44
Робота	15	Хімія	11,44
Розширення Всесвіту	69	Час	11
Самоорганізація	87	Чорна діра	68
Світловий рік	63	Швидкість хімічної реакції	47
Сильна взаємодія	12	Ядерний поділ	28
Слабка взаємодія	12	Ядерні реакції	27
Синапс	84	Ядерні сили	25
Синергетика	86	Ядерний синтез	27
Сонце	79-82	Ядро атома	25
Сонячна активність	80		
Сонячна атмосфера	79		
Сонячні спалахи	80		
Сонячні плями	80		
Сонячний вітер	81		
Спеціальна теорія відносності	17		
Спін	40		
Стійкий розвиток	62		
Температура	32		
Теорія стаціонарного Всесвіту	74		
Теорія інформації	83		
Теорія біохімічної еволюції	52		
Термодинаміка	31		
Термоядерні реакції	27		
Технологія	85		
Третій закон Ньютона	14		
Тривимірність простору	11		
Феромагнетик	41		
Фізика	9		
Фотон	29,44		
Фотосфера	79		
Фундаментальні частинки	30		
Хімічна реакція	46		