

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра морского нефтегазового дела и физики

ФИЗИКА

Методические указания (2 семестр)

*для студентов МГТУ специальности БТБ200-1, ГБ200-1,
ЭКБ200-1, ТПОБ200-1, ХКТБ200-1, ТМОБ200-1*

Мурманск

2021

Составитель – Сорокин Олег Михайлович, канд. пед. наук, доцент кафедры морского нефтегазового дела и физики Мурманского государственного технического университета

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой 12 января 2021 г., протокол № 3

Рецензент – О. А. Никонов, д-р филос. наук, профессор кафедры морского нефтегазового дела и физики МГТУ

Печатается в авторской редакции

Компьютерная верстка

© Мурманский государственный
технический университет, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЁТНОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ | 9 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ..... | 39 |
| УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ | 52 |

Методические указания к изучению курса физики (2 семестр, специальности БТб20о-1, Гб20о-1, ЭКб20о-1, ТПОб20о-1, ХКТб20о-1, ТМОб20о-1).

Во втором семестре завешается изучение курса физики. Учебными планами предусмотрены различные формы промежуточной аттестации по дисциплине. Группы БТб20о-1, ТМОб20о-1, ХКТб20о-1, ЭКб20о-1 сдают экзамен, для ТПОб20о-1 предусмотрен зачёт с оценкой.

К сдаче экзамена (зачёта) допускаются студенты, выполнившие задания по каждой контрольной точке освоения дисциплины (выполнение РГР, выполнение ЛР, защита ЛР и т. д. и т. п.) и набравшие в сумме не менее 60 баллов. При этом по каждой контрольной точке обязательно набрать минимум.

Для дисциплин, заканчивающихся экзаменом, результат промежуточной аттестации складывается из баллов, набранных в ходе текущего контроля и при проведении экзамена:

- 91–100 баллов – оценка "отлично";
- 81–90 баллов – оценка "хорошо";
- 70–80 баллов – оценка "удовлетворительно";
- 69 и менее баллов – оценка "неудовлетворительно".

Результат промежуточной аттестации, в том числе при использовании дистанционных образовательных технологий, "зачет с оценкой" проставляется автоматически и определяется, если обучающийся набрал количество баллов согласно установленному диапазону:

- 91–100 баллов – оценка "отлично";
- 81–90 баллов – оценка "хорошо";
- 60–80 баллов – оценка "удовлетворительно";
- менее 60 баллов – "не зачтено".

Не допускаются к экзамену (зачёту) студенты, не ликвидировавшие задолженность по физике за первый семестр.

Технологическая карта текущего контроля и промежуточной аттестации (промежуточная аттестация – зачет с оценкой; второй семестр)

| Текущий контроль | | | | |
|---|---|------------------------|------------|--|
| № | Контрольные точки | Оценка в баллах | | График прохождения (недели сдачи) |
| | | min | max | |
| 1 | Выполнение лабораторных работ и оформление отчета | 8 | 16 | 2–18 недели |
| 2 | Защита лабораторных работ | 16 | 24 | 2–18 недели |
| 3 | Выполнение РГР | 12 | 18 | 4–10 недели |
| 4 | Защита РГР | 12 | 18 | 12–18 недели |
| 5 | Итоговый тест* | 0 | 10* | 18 неделя |
| 6 | Посещение занятий | 10 | 16 | |
| 7 | Своевременная сдача контрольных точек | 2 | 8 | 2–18 недели |
| ИТОГО за работу в семестре | | 60 | 100 | |
| Промежуточная аттестация "зачет" | | | | |
| ИТОГОВЫЕ БАЛЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ | | 60 | 100 | Зачетная неделя |
| <p>*Примечание: итоговый тест применяется по решению преподавателя к студентам, набравшим в течении семестра менее 60 баллов или для дифференциации оценки по зачету.</p> <p>Обучающийся считается неаттестованным, если:</p> <p>1) он не набрал минимальное зачетное количество баллов (в этом случае, ему предоставляется возможность повысить рейтинг до минимального зачетного путем ликвидации задолженностей по отдельным точкам текущего контроля);</p> <p align="center">и (или)</p> <p>2) не выполнена хотя бы одна из контрольных точек.</p> <p>Итоговый тест* – применяется по решению преподавателя в случае, если студент по пп. 1–5; 7 не набрал 60 баллов и для дифференциации конечной оценки.</p> <p>60–80 удовлетворительно, 81–90 – хорошо, 91–100 отлично.</p> <p>Если обучающийся выполнил все контрольные точки (по каждой точке набрал не меньше минимального количества баллов), то он считается аттестованным.</p> | | | | |

Технологическая карта текущего контроля и промежуточной аттестации (промежуточная аттестация – экзамен, второй семестр)

| Текущий контроль | | | | |
|-------------------------------------|---|------------------------|------------|--|
| № | Контрольные точки | Оценка в баллах | | График прохождения (недели сдачи) |
| | | min | max | |
| 1 | Выполнение лабораторных работ и оформление отчета | 12 | 14 | 2–18 недели |
| 2 | Защита лабораторных работ | 16 | 18 | 2–18 недели |
| 3 | Выполнение РГР | 12 | 16 | 12–18 недели |
| 4 | Защита РГР | 12 | 16 | 12–18 недели |
| 5 | Итоговый тест* | 0 | 10* | 18 неделя |
| 6 | Посещение занятий | 6 | 12 | 12–18 недели |
| 7 | Своевременная сдача контрольных точек | 2 | 4 | 2–18 недели |
| ИТОГО | | 60 | 80 | |
| Промежуточная аттестация | | | | |
| | Экзамен | 10 | 20 | Экзаменационная сессия |
| ИТОГОВЫЕ БАЛЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ | | 70 | 100 | |

Экзаменационный билет содержит два вопроса и задачу из ргр. В целях объективности и независимости оценки результатов промежуточной аттестации студентов, экзамен проводится в письменном виде. В зачётку выставляется оценка по следующему критерию: 70–80 удовлетворительно, 81–90 – хорошо, 91–100 отлично.

*Примечание: итоговый тест применяется по решению преподавателя к студентам, набравшим в течении семестра менее 60 баллов.

Вопросы к экзамену

1. Основные характеристики магнитного поля. Линии магнитной индукции. Единицы магнитной индукции и напряженности магнитного поля. Магнитная постоянная, магнитная проницаемость (§109, §112).

2. Принцип суперпозиции магнитных полей. Закон Био-Савара-Лапласа и его применение (вывод формулы индукции поля в центре кругового витка) (§110).

3. Закон Ампера. Взаимодействие параллельных токов. §111 Рамка с током в магнитном поле, магнитный дипольный момент кругового тока. §109.

4. Магнитное поле движущегося заряда (§113). Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитном поле (§114, §115).

5. Теорема о циркуляции вектора \mathbf{B} . Магнитное поле соленоида и тороида. §118 §119.

6. Поток вектора магнитной индукции. Теорема Гаусса для поля \mathbf{B} . Работа по перемещению проводника и контура с током в магнитном поле. §120 §121.

7. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея (закон электромагнитной индукции). Правило Ленца. Вращение рамки в магнитном поле §122 §123 §124.

8. Индуктивность контура. Потокосцепление. Самоиндукция. §126.

9. Токи Фуко. Взаимная индукция Трансформатор. §125 §128 §129.

10. Энергия магнитного поля. §130.

11. Магнитный момент атома. Намагниченность. Диа- и парамагнетики. Ферромагнетики и их свойства. §131 §132 §133 §135.

12. Ток смещения. Уравнение Максвелла для электромагнитного поля. §138 §139.

13. Уравнение идеального осциллятора и его решение. Гармонические колебания. Амплитуда, частота и фаза колебания. §141 §144.

14. Маятники §142.

15. Колебательный контур. Уравнение колебательного контура. Свободные незатухающие, свободные затухающие, вынужденные колебания в колебательном контуре §143 §146 §147 §148.

16. Волновое движение. Плоская гармоническая волны. Длина волны, волновое число, фазовая скорость. Уравнение волны. Одномерное волновое уравнение. Фазовая, групповая скорость §153 §154 §155.

17. Электромагнитные волны в свободном пространстве. Свойства электромагнитных волн. Энергия электромагнитных волн. Вектор Умова-Пойнтинга. Интенсивность электромагнитных волн. §161 §162 §163.

18. Предмет оптики. Основные законы оптики. Тонкая линза. Уравнение световой волны. §165 §166.

19. Основные фотометрические величины §168.

20. Интерференция света. Когерентность. Цуг волн. Опыт Юнга. §173.

21. Кольца Ньютона. Интерференция в тонких плёнках. §174.

22. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция света на дифракционной решётке. §176 §177 §178 §179 §180.

23. Естественный и поляризованный свет. Поляризация света. Закон Малюса. Поляризация света при отражении и преломлении. Поляризация света при двойном лучепреломлении в кристаллах. Дисперсия света. §190 §191 §192 §185.

24. Понятие о тепловом излучении. Физические величины, характеризующие тепловое излучение. Закон Стефана-Больцмана. Закон смещения Вина. §197 §199.

25. Квантование энергии излучения. Формула Планка. Фотоны. Фотоэффект. Законы Столетова. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. §200 §202 §203.

26. Энергия и импульс фотона. Эффект Комптона Давление света. Корпускулярно-волновой дуализм света. §205 §206 §207.

27. Модели атома Томсона и Резерфорда. Линейчатый спектр атома водорода. Постулаты Бора. Спектр атома водорода по Бору. §208 §209 §210 §212.

28. Гипотеза де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм свойств вещества. Описание микрочастиц с помощью волновой функции. Физический смысл волновой функции. Соотношение неопределённостей Гейзенберга §213 §214 §215 §216.

29. . Общее уравнение Шредингера. Прохождение частицы сквозь "потенциальный барьер". Туннельный эффект. §213 §214 §215 §216.

30. Водородоподобный атом в квантовой механике. Квантовые числа. Спин электрона. Спиновое квантовое число. Принцип неразличимости тождественных частиц. Фермионы и бозоны. Принцип Паули. Распределение электронов в атоме по состояниям. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева. §223 §2124 §225 §226 §227 §228.

31. Атомные ядра и их описание. Дефект массы. Энергия связи ядра. §251 §252 §254.

32. Радиоактивное излучение и его виды. Закон радиоактивного распада. α -распад, β -распад. §255 §256 §257 §258.

33. Ядерные реакции. Реакция деления ядра. Ядерные реакторы. Реакция синтеза атомных ядер. §252 §253 §254 §256.

34. Элементарные частицы. Классификация элементарных частиц. Частицы и античастицы. Кварки §272 §273 §275.

Параграфы заданы по учебнику Трофимовой Т. И.

"Курс физики: учеб. пособие для вузов / Таисия Ивановна Трофимова. – 11-е изд., стер. – М.: Издательский центр "Академия", 2006 – 560 с."

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЁТНОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

1. Расчётно-графические работы оформляются в отдельной тетради и должны быть представлены до экзамена (зачёта).

2. Номера задач, которые студент должен включить в свою расчётно-графическую работу, определяются по таблицам вариантов. Номер варианта равен последний цифре номера зачётной книжки.

3. На титульном листе нужно привести сведения о студенте по следующему образцу:

| |
|---|
| Студент Ничегонезнаев И. Т. Курс, группа. Номер зачётной книжки. |
|---|

4. Условия задач в расчётно-графической работе надо переписать полностью без сокращений. Для замечаний преподавателя на страницах тетради оставлять поля.

5. Решение задачи должно быть оформлено от руки, с предельной аккуратностью, при этом допускается "распечатывание" условия задачи.

6. Решения задач следует сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями; в тех случаях, когда возможно, дать чертёж, выполненный с помощью чертёжных принадлежностей.

7. Решать задачу надо в общем виде, т. е. выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задачи. При таком способе решения не производятся вычисления промежуточных величин.

8. После получения расчётной формулы для проверки правильности её следует подставить в правую часть формулы вместо символов величин обозначения единиц этих величин, произвести с ними необходимые действия и убедиться в том, что полученная при этом единица соответствует искомой величине.

9. Числовые значения величин при подстановке их в расчётную формулу следует выражать только в единицах СИ.

10. При подстановке в расчётную формулу, а также при записи ответа числовые значения величин следует записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти. Например, вместо 3520 надо записать $3,52 \times 10^3$, вместо 0,00129 записать $1,29 \times 10^{-3}$ и т. п.

11. Методика решения задач по физике рекомендует придерживаться следующего алгоритма действий:

1. представление физической модели задачи, т. е. проникновение в физическую суть условий поставленной задачи;

2. поиск решения, т. е. исследование возможных вариантов решения данной задачи;

3. решение задачи, т. е. действия в соответствии с выбранным вариантом;

4. оценка полученных результатов, отказ от нефизических вариантов ответов.

Первый этап решения задачи является наиболее важным. Для адекватного представления физической модели необходимы знания по физике, если их нет, нужно сначала обратиться к теоретическому материалу по соответствующему разделу физики. Поможет в представлении физической сути задачи следующая последовательность действий:

а) внимательно прочитайте условие задачи;

б) запишите ее краткое условие, выполнив перевод внесистемных единиц в систему СИ;

в) при необходимости сделайте чертеж.

На втором этапе после получения физической модели следует применить известные алгоритмы решения аналогичных физических задач. При этом совсем необязательно, что первый же алгоритм приведет к правильному решению. Физические задачи очень разнообразны, для их решения могут использоваться разные алгоритмы. Второй этап называется этапом

поиска решения, поэтому, столкнувшись с неудачей, надо искать другие варианты решений. Это нормальный процесс решения задач. При самостоятельном решении задачи необходимо проявить волю и усидчивость.

Успешное выполнение второго этапа предполагает следующую последовательность действий:

а) запишите физические формулы, отражающие законы, которые лежат в основе явлений, описанных в задаче;

б) установите зависимость между исходными данными задачи и искомыми величинами;

в) решите задачу в общем виде, получите буквенное выражение искомых величин;

г) проведите проверку размерности полученных выражений.

На третьем этапе проведите вычисления по полученным формулам.

Четвертый этап заключается в проведении анализа полученного решения.

Расчётно-графическая работа 1 (2 семестр)

Электромагнетизм, оптика

| Вариант | | | | | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 410 | 420 | 430 | 440 | 450 | 460 | 470 | 510 | 520 | 530 | 540 |
| 1 | 401 | 411 | 421 | 431 | 441 | 451 | 461 | 501 | 511 | 521 | 531 |
| 2 | 402 | 412 | 422 | 432 | 442 | 452 | 462 | 502 | 512 | 522 | 532 |
| 3 | 403 | 413 | 423 | 433 | 443 | 453 | 463 | 503 | 513 | 523 | 533 |
| 4 | 404 | 414 | 424 | 434 | 444 | 454 | 464 | 504 | 514 | 524 | 534 |
| 5 | 405 | 415 | 425 | 435 | 445 | 455 | 465 | 505 | 515 | 525 | 535 |
| 6 | 406 | 416 | 426 | 436 | 446 | 456 | 466 | 506 | 516 | 526 | 536 |
| 7 | 407 | 417 | 427 | 437 | 447 | 457 | 467 | 507 | 517 | 527 | 537 |
| 8 | 408 | 418 | 428 | 438 | 448 | 458 | 468 | 508 | 518 | 528 | 538 |
| 9 | 409 | 419 | 429 | 439 | 449 | 459 | 469 | 509 | 519 | 529 | 539 |

Расчётно-графическая работа 2 (2 семестр)

Квантовая природа излучения, Атомная и ядерная физика.

Квантовая механика

| Вариант | Номер задачи | | | | | | | | |
|----------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 550 | 560 | 570 | 580 | 610 | 620 | 630 | 650 | 660 |
| 1 | 541 | 551 | 561 | 571 | 601 | 611 | 621 | 641 | 651 |
| 2 | 542 | 552 | 562 | 572 | 602 | 612 | 622 | 642 | 652 |
| 3 | 543 | 553 | 563 | 573 | 603 | 613 | 623 | 643 | 653 |

| | | | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 4 | 544 | 554 | 564 | 574 | 604 | 614 | 624 | 644 | 654 |
| 5 | 545 | 555 | 565 | 575 | 605 | 615 | 625 | 645 | 655 |
| 6 | 546 | 556 | 566 | 576 | 606 | 616 | 626 | 646 | 656 |
| 7 | 547 | 557 | 567 | 577 | 607 | 617 | 627 | 647 | 657 |
| 8 | 548 | 558 | 568 | 578 | 608 | 618 | 628 | 648 | 658 |
| 9 | 549 | 559 | 569 | 579 | 609 | 619 | 629 | 649 | 659 |

Задача 401. По двум бесконечно длинным тонким прямым параллельным проводникам текут токи $I_1 = 20$ А и $I_2 = 30$ А в одном направлении. Расстояние между проводниками $d = 10$ см. Вычислите магнитную индукцию B в точке, удаленной от обоих проводников на одинаковое расстояние $r = 10$ см.

Задача 402. Тонкий бесконечно длинный прямой провод согнут под прямым углом. По проводу течет ток $I = 100$ А. Вычислите магнитную индукцию B в точках, лежащих на биссектрисе угла и удаленных от вершины угла на расстояние $a = 10$ см.

Задача 403. Радиус тонкого проводящего кольца $R = 0,2$ м. Определите силу тока I , текущего по кольцу, если известно, что в точке, равноудаленной от всех точек кольца на расстояние $r = 0,3$ м, индукция однородного магнитного поля $B = 20$ мкТл.

Задача 404. По двум тонким бесконечно длинным прямым параллельным проводникам текут токи $I_1 = 10$ А и $I_2 = 5$ А в одном направлении. Расстояние между проводниками $d = 30$ см. На каком расстоянии r от первого проводника на прямой, проходящей через оба проводника, напряженность H магнитного поля равна нулю?

Задача 405. По тонкому проводу, изогнутому в виде прямоугольника со сторонами длиной $a = 30$ см и $b = 40$ см, течет ток $I = 60$ А. Определите магнитную индукцию B в точке пересечения диагоналей прямоугольника.

Задача 406. По тонкому бесконечно длинному прямому проводу течет ток $I = 10$ А. Определите магнитную индукцию B поля, создаваемого отрезком провода длиной $l = 20$ см в точке, равноудаленной от концов отрезка и находящейся на расстоянии $a = 4$ см от его середины.

Задача 407. По двум тонким бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи $I_1 = 50$ А и $I_2 = 100$ А в противоположных направлениях. Расстояние между проводами $d = 20$ см. Определите маг-

нитную индукцию B в точке, удаленной на расстояние $r_1 = 25$ см от первого и на расстояние $r_2 = 40$ см от второго провода.

Задача 408. В центре кругового витка с током радиусом $R = 8$ см напряженность однородного магнитного поля $H_0 = 30$ А/м. Определите напряженность H однородного магнитного поля на оси этого витка в точке, расположенной на расстоянии $h = 6$ см от его центра.

Задача 409. Круговой виток радиусом $R = 30$ см расположен относительно тонкого бесконечно длинного прямолинейного провода так, что его плоскость параллельна проводу. Перпендикуляр, восстановленный на провод из центра витка, является нормалью к плоскости витка. Расстояние от центра витка до провода $d = 20$ см. Сила тока в проводе $I_1 = 3,1$ А, сила тока в витке $I_2 = 3$ А. Определите магнитную индукцию B в центре витка.

Задача 410. По контуру в виде равностороннего треугольника со стороной длиной $a = 30$ см течет ток $I = 40$ А. Определите магнитную индукцию B в точке пересечения высот.

Задача 411. По трем тонким бесконечно длинным прямым параллельным проводам, находящимся на одинаковом расстоянии $a = 10$ см друг от друга, текут одинаковые токи $I = 100$ А. В двух проводах направления токов совпадают. Вычислите силу F_l , действующую на единицу длины каждого провода.

Задача 412. Тонкостенная металлическая сфера радиусом $R = 10$ см несет равномерно распределенный по своей поверхности электрический заряд $q = 3$ мКл. Сфера вращается равномерно с постоянной угловой скоростью $\omega = 10$ рад/с относительно неподвижной вертикальной оси, проходящей через центр сферы. Определите магнитный момент p_m кругового тока, создаваемый вращением заряженной сферы.

Задача 413. По двум тонким бесконечно длинным прямолинейным параллельным проводникам, находящимся на расстоянии $r_1 = 10$ см друг от друга, текут токи $I_1 = 20$ А и $I_2 = 30$ А в одном направлении. Определите работу A_l на единицу длины проводников, которую нужно совершить, чтобы раздвинуть эти проводники до расстояния $r_2 = 20$ см.

Задача 414. По тонкому стержню длиной $l = 20$ см равномерно распределен электрический заряд $q = 240$ нКл. Стержень вращается с постоянной угловой скоростью $\omega = 10$ рад/с относительно неподвижной вертикальной оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его конец.

Определите магнитный момент p_m , обусловленный вращением заряженного стержня.

Задача 415. Тонкий провод в виде дуги, составляющей треть кольца радиусом $R = 15$ см, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 20$ мТл. По проводу течет ток $I = 30$ А. Плоскость, в которой лежит дуга, перпендикулярна линиям магнитной индукции, и подводящие провода находятся вне поля. Определите силу F , действующую на провод.

Задача 416. Сплошной цилиндр радиусом $R = 10$ см несет равномерно распределенный по своему объему электрический заряд $q = 10$ мкКл. Цилиндр вращается с постоянной угловой скоростью $\omega = 60$ рад/с относительно неподвижной вертикальной оси, совпадающей с его геометрической осью. Найдите магнитный момент p_m цилиндра, обусловленный его вращением.

Задача 417. По тонкому прямому горизонтально расположенному бесконечно длинному проводу пропускают ток $I_1 = 10$ А. Под ним на расстоянии $r = 1,5$ см находится параллельный ему бесконечно длинный алюминиевый провод, по которому течет ток $I_2 = 1,5$ А. Какова должна быть площадь S поперечного сечения алюминиевого провода, чтобы он удерживался незакрепленным?

Задача 418. Тонкое кольцо радиусом $R = 10$ см несет равномерно распределенный электрический заряд $q = 10$ нКл. Кольцо вращается равномерно с частотой $n = 10$ с⁻¹ относительно неподвижной вертикальной оси, совпадающей с одним из диаметров кольца. Определите магнитный момент p_m кругового тока, создаваемого заряженным кольцом.

Задача 419. В поле тонкого бесконечно длинного прямолинейного проводника, по которому течет ток $I_1 = 20$ А, находится квадратная рамка со стороной длиной $a = 10$ см, по которой течет ток $I_2 = 1$ А. Проводник и рамка расположены в одной плоскости так, что две стороны рамки перпендикулярны проводнику. Расстояние от проводника до ближайшей стороны рамки $l = 5$ см. Определите силу F , действующую на рамку.

Задача 420. Диск радиусом $R = 10$ см несет равномерно распределенный электрический заряд $q = 0,2$ мкКл. Диск равномерно вращается с частотой $n = 20$ с⁻¹ относительно оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через его центр. Определите магнитный момент p_m кругового тока, создаваемого заряженным диском.

Задача 421. Электрон прошел ускоряющую разность потенциалов $U = 800$ В и, влетев в однородное магнитное поле с индукцией $B = 4,7$ мТл, стал двигаться по винтовой линии с шагом $h = 6$ см. Определите радиус R винтовой линии, по которой движется электрон в магнитном поле.

Задача 422. Релятивистская α -частица движется в однородном магнитном поле по окружности радиусом $R = 80$ см. Определите индукцию B магнитного поля, если кинетическая энергия α -частицы $T = 500$ МэВ.

Задача 423. Протон без начальной скорости, пройдя ускоряющую разность потенциалов $U = 800$ В, влетает в однородные, скрещенные под прямым углом магнитное и электрическое поля. Индукция магнитного поля $B = 50$ мТл. Определите напряженность E электрического поля, если в скрещенных полях протон движется прямолинейно.

Задача 424. Электрон движется по винтовой линии в однородном магнитном поле с индукцией $B = 100$ мкТл. Радиус винтовой линии $R = 5$ см, ее шаг $h = 20$ см. Определите период T обращения и скорость v движения электрона в магнитном поле.

Задача 425. Заряженная частица влетела перпендикулярно линиям индукции в однородное магнитное поле, созданное в среде. В результате взаимодействия с веществом частица, двигаясь в магнитном поле, потеряла половину своей первоначальной кинетической энергии. Определите отношение R_1/R_2 радиусов кривизны траектории движения частицы начала и конца пути.

Задача 426. α -частица, двигающаяся со скоростью $v = 2$ Мм/с, влетает под углом $\alpha = 30^\circ$ к сонаправленным однородным электрическому и магнитному полям. Напряженность электрического поля $E = 1$ кВ/м, а индукция магнитного поля $B = 1$ мТл. Определите полное ускорение a α -частицы в момент вхождения ее в область пространства, где локализованы однородные электрическое и магнитное поля.

Задача 427. Релятивистский электрон движется в однородном магнитном поле по окружности радиусом кривизны $R = 2$ см. Определите кинетическую энергию T электрона, если индукция магнитного поля $B = 0,1$ Тл.

Задача 428. Электрон, ускоренный разностью потенциалов $U = 6$ кВ, влетает в однородное магнитное поле под углом $\alpha = 30^\circ$ к направлению поля и движется по винтовой траектории. Определите радиус R и шаг h

винтовой траектории движения электрона, если индукция однородного магнитного поля $B = 13$ мТл.

Задача 429. Однородные электрическое и магнитное поля скрещены под прямым углом. Электрон влетает со скоростью $v = 4$ Мм/с в эти поля так, что силы, действующие на него со стороны электрического и магнитного полей, сонаправлены. Напряженность электрического поля $E = 10$ кВ/м, индукция магнитного поля $B = 2,5$ мТл. Определите полное ускорение a электрона в момент вхождения электрона в область пространства, где локализованы однородные электрическое и магнитное поля.

Задача 430. Протон и электрон, ускоренные одинаковой разностью потенциалов, влетают в однородное магнитное поле, перпендикулярное скорости. Определите отношение R_1/R_2 радиусов кривизны траекторий протона и электрона.

Задача 431. Тороид (замкнутый соленоид) со стальным сердечником и площадью поперечного сечения $S = 4\text{см}^2$ на единицу длины имеет число витков $n = 10\text{ см}^{-1}$. Пользуясь графиком зависимости магнитной индукции B поля в ферромагнетике от напряженности H намагничивающего поля, вычислите магнитный поток Φ , пронизывающий сердечник соленоида, если по обмотке соленоида течет ток $I = 2$ А.

Задача 432. Виток диаметром $d = 10$ см, по которому течет ток $I = 20$ А, установлен свободно в однородном магнитном поле с индукцией $B = 16$ мТл. Определите работу A , которую нужно совершить, чтобы медленно повернуть виток на угол $\alpha = \pi/2$ относительно оси, совпадающей с его диаметром.

Задача 433. Плоская квадратная рамка со стороной длиной $a = 20$ см лежит в одной плоскости с бесконечно длинным тонким прямым проводом, по которому течет ток $I = 100$ А. Рамка расположена так, что ближайшая к проводу сторона рамки параллельна проводу и находится от него на расстоянии $l = 10$ см. Определите магнитный поток Φ , пронизывающий рамку.

Задача 434. Квадратный контур со стороной длиной $a = 10$ см, по которому течет ток $I = 6$ А, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,8$ Тл под углом $\beta = 50^\circ$ к линиям индукции поля. Пренебрегая работой против упругих сил, найдите работу A , которую нужно

совершить, чтобы при неизменной силе тока в контуре изменить его форму на окружность.

Задача 435. Тороид (замкнутый соленоид) без сердечника содержит обмотку, состоящую из числа $N = 200$ витков. Внешний диаметр тороида $D = 60$ см, его внутренний диаметр $d = 40$ см. Определите напряженность H и индукцию B магнитного поля на оси тороида, если по его обмотке протекает ток $I = 5$ А.

Задача 436. Квадратная рамка со стороной длиной $a = 10$ см, по которой течет ток $I = 200$ А, установилась свободно в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,2$ Тл. Определите работу A , которую необходимо совершить при медленном повороте рамки вокруг оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярной линиям магнитной индукции, на угол $\alpha = 2\pi/3$.

Задача 437. Соленоид без сердечника имеет длину $l = 50$ см, его магнитный момент $p_m = 0,4$ А·м². Определите магнитный поток Φ , пронизывающий соленоид, если его витки плотно прилегают друг к другу.

Задача 438. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл находится плоская катушка радиусом $r = 10$ см, обмотка которой содержит число $N = 100$ витков провода. По обмотке течет ток $I = 10$ А. Плоскость катушки составляет угол $\beta = 60^\circ$ с направлением поля. Определите работу A , которую нужно совершить для того, чтобы удалить катушку за пределы поля.

Задача 439. В однородное магнитное поле напряженностью $H = 100$ кА/м помещена квадратная рамка со стороной длиной $a = 10$ см. Плоскость рамки составляет с направлением магнитного поля угол $\beta = 60^\circ$. Определите магнитный поток Φ , пронизывающий рамку.

Задача 440. Тороид (замкнутый соленоид) квадратного сечения содержит обмотку, состоящую из числа $N = 1000$ витков. Наружный диаметр тороида $D = 40$ см, его внутренний диаметр $d = 20$ см. Учитывая, что магнитное поле тороида неоднородно, определите магнитный поток Φ через поперечное сечение тороида, если сила тока, протекающего по его обмотке $I = 10$ А.

Задача 441. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,35$ Тл с частотой $n = 480$ мин⁻¹ равномерно вращается рамка площадью $S = 50$ см²,

содержащая число $N = 500$ витков. Неподвижная ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции магнитного поля. Определите максимальную ЭДС индукции $E_{i \max}$, возникающую в рамке.

Задача 442. В однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,1$ Тл помещена квадратная рамка из медной проволоки со стороной длиной $a = 5$ см. Площадь поперечного сечения проволоки $s = 1$ мм². Нормаль к плоскости рамки параллельна магнитному полю. Какое количество электричества q протечет по контуру рамки при исчезновении магнитного поля?

Задача 443. Проволочный контур площадью $S = 500$ см² и сопротивлением $R = 0,1$ Ом вращается равномерно в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,5$ Тл. Неподвижная ось вращения лежит в плоскости кольца и перпендикулярна линиям магнитной индукции магнитного поля. Определите максимальную мощность P_{\max} , необходимую для вращения контура с угловой скоростью $\omega = 50$ рад/с.

Задача 444. К баллистическому гальванометру с сопротивлением $R_{\Gamma} = 31$ Ом присоединено кольцо радиусом $r = 1$ м, изготовленное из алюминиевой проволоки с поперечным сечением $s = 1$ мм². Вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли $B = 50$ мкТл. Определите количество электричества q , которое протечет по цепи гальванометра, если кольцо, лежащее на горизонтальной поверхности стола, повернуть с одной стороны на другую.

Задача 445. Короткая катушка площадью $S = 100$ см², содержащая обмотку, состоящую из числа $N = 1000$ витков, вращается равномерно в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,04$ Тл с угловой частотой $\omega = 5$ рад/с относительно оси, совпадающей с диаметром катушки и перпендикулярной линиям индукции поля. Определите мгновенное значение ЭДС индукции E_i для тех моментов времени, когда плоскость катушки составляет угол $\beta = 60^\circ$ с линиями магнитной индукции.

Задача 446. В однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,05$ Тл помещена катушка, содержащая $N = 200$ витков проволоки. Сопротивление катушки $R = 40$ Ом, ее площадь поперечного сечения $S = 12$ см². Катушка расположена так, что ее ось составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с направлением магнитного поля. Определите количество электричества q , которое протечет по катушке при исчезновении магнитного поля.

Задача 447. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,4$ Тл в плоскости, перпендикулярной линиям индукции поля, вращается тонкий прямой стержень длиной $l = 10$ см с частотой $n = 16$ с⁻¹. Ось вращения проходит через один из концов стержня. Определите разность потенциалов U на концах стержня.

Задача 448. Тонкий медный провод массой $m = 1$ г согнут в виде квадрата, концы которого замкнуты. Квадрат помещен в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,1$ Тл так, что его плоскость перпендикулярна линиям индукции поля. Определите количество электричества q , которое протечет по проводнику, если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию.

Задача 449. Рамка площадью $S = 200$ см², находящаяся в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,2$ Тл, вращается равномерно с частотой $n = 10$ с⁻¹ относительно оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярно линиям индукции поля. Определите среднее значение ЭДС индукции $\langle E_i \rangle$ за время, в течение которого магнитный поток, пронизывающий рамку, изменится от нуля до максимального значения.

Задача 450. На расстоянии $a = 1$ м от тонкого прямого бесконечно длинного проводника, по которому течет ток $I = 1000$ А, находится кольцо радиусом $r = 10$ см и сопротивлением $R = 0,1$ Ом. Кольцо расположено так, что магнитный поток, пронизывающий его, максимален. Считая магнитное поле в пределах кольца однородным, определите количество электричества q , которое протечет по кольцу, когда ток в проводнике будет выключен.

Задача 451. Длина соленоида $l = 60$ см, его сопротивление $R = 3$ Ом. Обмоткой соленоида является алюминиевая проволока массой $m = 100$ г. Считая, что диаметр соленоида много меньше его длины, определите индуктивность L соленоида.

Задача 452. Две катушки намотаны на один общий тороидальный сердечник. Определите коэффициент M взаимной индукции катушек, если сила тока $I = 5$ А в первой катушке создает во второй катушке магнитный поток сцепления $\Phi = 40$ мВб.

Задача 453. Источник тока замкнули на катушку сопротивлением $R = 20$ Ом. Через время $t = 0,1$ с сила тока в катушке достигла величину $w = 0,95$ своего предельного значения. Определите индуктивность L катушки.

Задача 454. Индуктивность катушки $L = 2$ мГн. Переменный ток частотой $\nu = 50$ Гц, протекающий по катушке, изменяется со временем по синусоидальному закону. Амплитудное значение силы тока $I_0 = 10$ А. Определите среднюю ЭДС самоиндукции $\langle E_s \rangle$, возникающую за интервал времени, в течение которого сила тока в катушке изменяется от минимального до максимального значения.

Задача 455. Картонный цилиндр имеет диаметр $D = 2$ см много меньший его длины. Какое число N витков проволоки диаметром $d = 0,4$ мм с изоляцией ничтожной толщины нужно намотать на этот цилиндр, чтобы получить однослойную катушку с индуктивностью $L = 1$ мГн, если ее витки вплотную прилегают друг к другу?

Задача 456. Два соленоида одинаковой длины и практически равной площади поперечного сечения, имеющие индуктивности соответственно $L_1 = 0,64$ Гн и $L_2 = 1$ Гн, вставлены один в другой. Определите коэффициент M взаимной индукции соленоидов.

Задача 457. Электрическая цепь состоит из катушки индуктивностью $L = 1$ Гн и сопротивлением $R = 10$ Ом. Источник тока отключили, не разрывая цепи. Определите время t , по истечении которого сила тока уменьшится до величины $w = 0,001$ ее первоначального значения.

Задача 458. Соленоид с сердечником из немагнитного материала площадью поперечного сечения $S = 10$ см² содержит число $N = 800$ витков. По обмотке соленоида течет ток, создающий магнитное поле с индукцией $B = 8$ мТл. Определите среднее значение ЭДС самоиндукции $\langle E_s \rangle$, которая возникает на зажимах соленоида, если сила тока уменьшается до нуля за время $\Delta t = 0,8$ мс.

Задача 459. Соленоид без сердечника длиной $l = 1$ м имеет однослойную обмотку из медного провода массой $m = 1$ кг. Определите время τ релаксации этого соленоида, если диаметр соленоида много меньше его длины.

Задача 460. Две катушки намотаны на один общий тороидальный сердечник. Индуктивность первой катушки $L_1 = 0,12$ Гн, индуктивность второй катушки $L_2 = 3$ Гн. Сопротивление второй катушки $R_2 = 300$ Ом. Определите силу тока I_2 во второй катушке, если силу тока $I_1 = 0,5$ А в первой катушке уменьшить до нуля за время $\Delta t = 0,01$ с.

Задача 461. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $C = 8$ пФ и катушки индуктивностью $L = 0,5$ мГн. Максимальная сила тока в контуре $I_m = 40$ мА. Пренебрегая активным сопротивлением контура, определите максимальное напряжение U_m на обкладках конденсатора.

Задача 462. В вакууме вдоль оси x распространяется плоская монохроматическая электромагнитная волна. Определите интенсивность I волны, если амплитуда напряженности электрического поля волны $E_0 = 50$ мВ/м.

Задача 463. Соленоид имеет длину $l = 1$ м и площадь поперечного сечения $S = 20$ см². Индуктивность соленоида $L = 0,4$ мГн. Определите силу тока I в обмотке соленоида, при которой объемная плотность энергии однородного магнитного поля внутри соленоида $w = 0,1$ Дж/м³.

Задача 464. В вакууме вдоль оси x распространяется плоская монохроматическая электромагнитная волна и падает перпендикулярно на поверхность тела, полностью ее поглощающего. Амплитуда напряженности магнитного поля волны $H_0 = 0,15$ А/м. Определите давление p , оказываемое волной на это тело.

Указание. Воспользоваться результатом выводов теории Максвелла о том, что если тело полностью поглощает падающую на него энергию, то давление p на это тело, равно среднему значению объемной плотности $\langle w \rangle$ энергии в падающей электромагнитной волне.

Задача 465. Соленоид без сердечника с однослойной обмоткой из проволоки диаметром $d = 0,5$ мм имеет длину $l = 0,4$ м и площадь поперечного сечения $S = 50$ см². Какой ток I течет по обмотке соленоида при напряжении $U = 10$ В, если известно, что за время $t = 0,5$ мс в его обмотке выделяется количество теплоты Q , равное энергии W однородного магнитного поля внутри соленоида?

Задача 466. Максимальный электрический заряд на обкладках конденсатора колебательного контура $q_m = 50$ нКл, а максимальная сила тока в контуре $I_m = 1,5$ А. Пренебрегая активным сопротивлением колебательного контура, определите длину λ электромагнитной волны в вакууме, на которую настроен контур.

Задача 467. Обмотка тороида с немагнитным сердечником на единицу длины имеет число $n = 10$ см⁻¹ витков. Определите объемную плотность w

энергии магнитного поля в сердечнике, если по обмотке тороида течет ток $I = 16 \text{ А}$.

Задача 468. В вакууме вдоль оси x распространяется плоская монохроматическая электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны $E_0 = 5 \text{ мВ/м}$, амплитуда напряженности магнитного поля волны $H_0 = 1 \text{ мА/м}$. Определите энергию W , перенесенную волной за время $t = 10 \text{ мин}$ через площадку с площадью $S = 15 \text{ см}^2$, расположенную перпендикулярно оси x , считая, что период волны много меньше времени ее распространения.

Задача 469. Соленоид без сердечника имеет число $N = 500$ витков, которые намотаны на картонный каркас радиусом $r = 2 \text{ см}$ и длиной $l = 0,5 \text{ м}$. Определите энергию W однородного магнитного поля соленоида, если по его обмотке течет ток $I = 5 \text{ А}$.

Задача 470. В вакууме вдоль оси x распространяется плоская монохроматическая электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны $E_0 = 20 \text{ В/м}$. Определите объемную плотность w энергии в падающей электромагнитной волне.

Задача 501. Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 0,6 \text{ мкм}$, падающим нормально. Пространство между плосковыпуклой линзой с радиусом кривизны $R = 4 \text{ м}$ и плоскопараллельной стеклянной пластинкой заполнено жидкостью, и наблюдение ведется в проходящем свете. Определите показатель преломления n жидкости, если радиус второго светлого кольца $r = 1,8 \text{ мм}$. Какая это жидкость?

Задача 502. На мыльную пленку с показателем преломления $n = 1,3$, находящуюся в воздухе, падает нормально пучок лучей белого света. При какой минимальной толщине d_{\min} пленки отраженный свет с длиной волны $\lambda = 0,55 \text{ мкм}$ в результате интерференции окажется: а) максимально усиленным? б) максимально ослабленным?

Задача 503. На тонкий стеклянный клин, показатель преломления которого $n = 1,55$, падает нормально монохроматический свет. Двугранный преломляющий угол между поверхностями клина $\theta = 2'$. Определите длину световой волны λ , если в отраженном свете расстояние между смежными интерференционными максимумами $l = 0,3 \text{ мм}$.

Задача 504. В опыте Юнга расстояние от щелей до экрана $L = 1$ м. Длина волны падающего света $\lambda = 0,7$ мкм. Определите расстояние d между щелями, если известно, что на отрезке длиной $l = 1$ см наблюдается число $N = 10$ интерференционных полос.

Задача 505. Установка для получения колец Ньютона освещается монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 500$ нм, падающим нормально к поверхности пластинки. Пространство между линзой и стеклянной пластинкой заполнено водой. Найдите толщину d слоя воды между линзой и пластинкой в том месте, где в отраженном свете наблюдается третье светлое кольцо.

Задача 506. Пучок монохроматических световых волн с длиной волны $\lambda = 0,6$ мкм падает под углом $i = 30^\circ$ на находящуюся в воздухе мыльную пленку с показателем преломления $n = 1,3$. При какой минимальной толщине d_{\min} пленки отраженные световые волны в результате интерференции будут: а) максимально ослаблены? б) максимально усилены?

Задача 507. Между двумя плоскопараллельными пластинками положили очень тонкую проволочку, расположенную параллельно линии соприкосновения пластинок и находящуюся на расстоянии $L = 75$ мм от нее. На образовавшийся воздушный клин нормально к его поверхности падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм. В отраженном свете на верхней пластинке видны интерференционные полосы. Определите диаметр D проволочки, если на расстоянии $l = 30$ мм насчитывается число $N = 16$ полос.

Задача 508. В опыте Юнга на пути одного из интерферирующих лучей перпендикулярно этому лучу помещалась тонкая стеклянная пластинка с показателем преломления $n = 1,5$, вследствие чего на экране центральная светлая полоса смещалась в положение, первоначально занимаемое пятой светлой полосой, не считая центральной. Определите толщину d пластинки, если длина волны падающего света $\lambda = 0,5$ мкм.

Задача 509. Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим нормально. В пространстве между плоскопараллельной стеклянной пластинкой и соприкасающейся с ней плосковыпуклой линзой находится воздух. В отраженном свете расстояние между вторым и первым темными кольцами Ньютона $\Delta r_{2,1} = 1$ мм. Определите расстояние $\Delta r_{10,9}$ между десятым и девятым кольцами.

Задача 510. На толстую стеклянную пластину нанесен тонкий слой прозрачного вещества с показателем преломления $n = 1,3$. Пластина освещена параллельным пучком монохроматического света с длиной волны $\lambda = 640$ нм, падающим на пластину нормально. Какую минимальную толщину d_{\min} должен иметь слой прозрачного вещества, чтобы в результате интерференции отраженный пучок имел: а) наименьшую яркость? б) наибольшую яркость?

Задача 511. На диафрагму с круглым отверстием диаметром $d = 4$ мм падает нормально параллельный пучок лучей монохроматического света с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм. Точка наблюдения находится на оси отверстия на расстоянии $b = 1$ м от него. Какое число k зон Френеля укладывается в отверстии? Темное или светлое пятно получится в центре дифракционной картины, если в месте наблюдения поместить экран?

Задача 512. На дифракционную решетку падает нормально монохроматический свет. Для линии с длиной волны $\lambda_1 = 0,6$ мкм в спектре третьего порядка угол дифракции $\varphi_1 = 30^\circ$. Определите угол φ_2 дифракции для линии с длиной волны $\lambda_2 = 0,55$ мкм в спектре четвертого порядка.

Задача 513. На узкую щель падает нормально монохроматический свет. Угол отклонения пучков света, соответствующих второй светлой дифракционной полосе, $\varphi = 1^\circ$. Скольким длинам волн λ падающего света равна ширина a щели?

Задача 514. На дифракционную решетку с числом штрихов на единицу длины $n = 400$ мм⁻¹, падает нормально монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,6$ мкм. Найдите общее число N дифракционных максимумов, которые дает эта решетка. Определите угол φ_{\max} дифракции, соответствующий последнему максимуму.

Задача 515. На дифракционную решетку с числом штрихов на единицу длины $n = 500$ мм⁻¹, в направлении нормали к ее поверхности падает белый свет. Линзой, помещенной вблизи решетки, спектр проецируют на экран. Расстояние от линзы до экрана $L = 3$ м. Принимая границы видимости спектра соответственно для красной и фиолетовой длин волн $\lambda_{\text{кр}} = 760$ нм и $\lambda_{\text{ф}} = 380$ нм, определите ширину b спектра первого порядка на экране.

Задача 516. С помощью дифракционной решетки нужно разрешить две спектральные линии калия с длинами волн $\lambda_1 = 578$ нм и $\lambda_2 = 580$ нм. Какой минимальной разрешающей способностью R_{\min} должна обладать

дифракционная решетка? Какое минимальное число N_{\min} штрихов должна иметь эта решетка, чтобы разрешение было возможно в спектре второго порядка?

Задача 517. Точечный источник света с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм расположен на расстоянии $a = 1$ м перед диафрагмой с круглым отверстием диаметром $d = 2$ мм. Определите расстояние b от диафрагмы до точки наблюдения, если отверстие открывает число $k = 3$ зоны Френеля.

Задача 518. На дифракционную решетку падает нормально монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 410$ нм. Угол между направлениями на максимумы первого и второго порядков $\Delta\varphi = 2^\circ 21'$. Определите число штрихов n , приходящееся на единицу длины дифракционной решетки.

519. На грань кристалла каменной соли падает параллельный пучок рентгеновского излучения с длиной волны $\lambda = 147$ пм. Дифракционный максимум второго порядка наблюдается, когда излучение падает под углом $\theta = 31^\circ 30'$ к поверхности кристалла. Определите расстояние d между атомными плоскостями кристалла.

Задача 520. На дифракционную решетку с периодом $d = 10$ мкм под углом $\alpha = 30^\circ$ падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 600$ нм. Определите угол φ дифракции, соответствующий второму главному максимуму.

Задача 521. В частично поляризованном свете амплитуда светового вектора, соответствующая максимальной интенсивности света, в $n = 3$ раза больше амплитуды, соответствующей его минимальной интенсивности. Определите степень поляризации P частично поляризованного света.

Задача 522. Угол между плоскостями пропускания поляризаторов $\alpha = 50^\circ$. Интенсивность естественного света, проходя через такую систему, уменьшается в $n = 8$ раз. Пренебрегая потерей света при отражении, определите коэффициент k поглощения света в поляроидах.

Задача 523. При падении света из воздуха на кристалл каменной соли угол Брюстера $i_B = 57^\circ$. Определите скорость v распространения света в этом кристалле.

Задача 524. Раствор глюкозы с массовой концентрацией $C_1 = 280$ кг/м³, содержащийся в стеклянной трубке, поворачивает плоскость поляризации монохроматического света, проходящего через этот раствор, на угол $\varphi_1 = 32^\circ$. Определите массовую концентрацию C_2 глюкозы в другом рас-

творе, налитом в трубку такой же длины, если известно, что он поворачивает плоскость поляризации на угол $\varphi_2 = 24^\circ$.

Задача 525. У кварцевой пластинки для длины волны $\lambda = 530$ нм разность показателей преломления необыкновенного и обыкновенного лучей $(n_e - n_o) = 0,01$. Определите минимальную толщину d_{\min} кварцевой пластинки в четверть волны.

Указание. Пластинкой в четверть волны называется кристаллическая пластинка, вырезанная параллельно оптической оси, при прохождении через которую в направлении, перпендикулярном оптической оси, обыкновенный и необыкновенный лучи, не изменяя своего направления, приобретают оптическую разность хода $\Delta = \lambda/4$.

Задача 526. Плоскополяризованный монохроматический свет, прошедший через поляризатор, оказывается полностью погашенным. Если же на пути света поместить кварцевую пластинку, то интенсивность света, прошедшего через поляризатор, уменьшается в $n = 3$ раза по сравнению с интенсивностью света, падающего на поляризатор. Пренебрегая потерями света на поглощение и отражение света поляризатором, определите минимальную толщину d_{\min} кварцевой пластинки, если удельное вращение кварца $\alpha = 0,52$ рад/мм.

Задача 527. Степень поляризации частично поляризованного света $P = 0,75$. Определите отношение I_{\max}/I_{\min} максимальной к минимальной интенсивности света, пропускаемого анализатором.

Задача 528. Пластинка кварца толщиной $d_1 = 2$ мм, вырезанная перпендикулярно оптической оси кристалла, поворачивает плоскость поляризации монохроматического света определенной длины волны на угол $\varphi_1 = 30^\circ$. Определите толщину d_2 кварцевой пластинки, помещенной между двумя параллельными николями, чтобы данный монохроматический свет гасился полностью.

Задача 529. На границе жидкости с воздухом предельный угол полного внутреннего отражения пучка света $i_{\text{пр}} = 43^\circ$. Определите угол Брюстера i_B для падения луча из воздуха на поверхность этой жидкости.

Задача 530. Плоскости пропускания николей образуют угол $\alpha = 30^\circ$. Во сколько раз уменьшится интенсивность света, проходящего через оба николя, если при прохождении каждого из николей на отражение и погло-

щение теряется в отдельности часть $k = 10\%$ интенсивности падающего на него света?

Задача 531. Для монохроматического света определенной длины волны коэффициент поглощения некоторого вещества $\alpha = 0,1 \text{ см}^{-1}$. Пренебрегая потерями на отражение света, определите толщину x слоя вещества, которая необходима для ослабления света в $k = 2$ раза.

Задача 532. Луч света падает на грань стеклянной призмы перпендикулярно ее поверхности и выходит из противоположной грани, отклонившись на угол $\sigma = 25^\circ$ от первоначального направления. Определите преломляющий угол θ призмы.

Задача 533. Для света с длинами волн $\lambda_1 = 670,8 \text{ нм}$; $\lambda_2 = 656,3 \text{ нм}$ и $\lambda_3 = 643,8 \text{ нм}$ (при температуре $t = 20^\circ\text{C}$) показатель преломления воды равен соответственно $n_1 = 1,3308$; $n_2 = 1,3311$ и $n_3 = 1,3314$. Вычислите фазовую v и групповую u скорости распространения света вблизи длины волны $\lambda_2 = 656,3 \text{ нм}$.

Задача 534. Во сколько раз интенсивность I_1 молекулярного рассеяния синего света с длиной волны $\lambda_1 = 460 \text{ нм}$ больше интенсивности I_2 рассеяния красного света, длина волны которого $\lambda_2 = 650 \text{ нм}$?

Задача 535. Свет падает нормально поочередно на две пластинки, изготовленные из одного и того же вещества, имеющие соответственно толщины $l_1 = 5 \text{ мм}$ и $l_2 = 10 \text{ мм}$. Определите коэффициент поглощения α этого вещества, если известно, что интенсивность света, прошедшего через первую пластинку, составляет часть $I_1/I_0 = 82\%$, а через вторую пластинку – часть $I_2/I_0 = 67\%$ начальной интенсивности света.

Задача 536. На стеклянную призму с преломляющим углом $\theta = 60^\circ$ падает луч света. Определите показатель преломления n стекла, если при симметричном ходе луча в призме угол отклонения $\sigma = 40^\circ$.

Задача 537. Для света с длинами волн $\lambda_1 = 303,4 \text{ нм}$; $\lambda_2 = 214,4 \text{ нм}$ и $\lambda_3 = 185,2 \text{ нм}$ показатель преломления сельвина равен соответственно $n_1 = 1,5440$; $n_2 = 1,6618$ и $n_3 = 1,8270$. Вычислите фазовую v и групповую u скорости распространения света вблизи длины волны $\lambda_2 = 214,4 \text{ нм}$.

Задача 538. При прохождении монохроматического света через слой вещества толщиной $l = 15 \text{ см}$ его интенсивность убывает в $n = 4$ раза.

Определите коэффициент рассеяния k' этого вещества, если его коэффициент истинного поглощения $k = 0,025 \text{ см}^{-1}$.

Задача 539. Плоская монохроматическая световая волна распространяется в некоторой среде. Для данной длины волны коэффициент поглощения среды $\alpha = 1,2 \text{ м}^{-1}$. Определите относительное уменьшение $\Delta I/I_0$ интенсивности света при прохождении этой световой волной слой среды толщиной $x = 10 \text{ мм}$.

Задача 540. На грань стеклянной призмы с преломляющим углом $\theta = 60^\circ$ падает луч света перпендикулярно ее поверхности. Определите угол отклонения σ луча от первоначального направления, если показатель преломления стекла призмы $n = 1,41$.

Задача 541. Абсолютно черное тело имеет температуру $T_1 = 500 \text{ К}$. Какова будет температура T_2 тела, если в результате нагревания поток излучения увеличится в $n = 5$ раз?

Задача 542. Максимальная спектральная плотность энергетической светимости абсолютно черного тела $(r_{\lambda,T})_{\max} = 4,16 \cdot 10^{11} \text{ (Вт/м}^2\text{)/м}$. Определите длину волны λ_m , на которую приходится максимум энергии в спектре излучения абсолютно черного тела.

Задача 543. Муфельная печь потребляет мощность $P = 1 \text{ кВт}$. При открытом отверстии площадью $S = 25 \text{ см}^2$ температура ее внутренней поверхности $T = 1,2 \text{ кК}$. Считая, что отверстие печи излучает как абсолютно черное тело, определите часть w мощности, которая рассеивается стенками.

Задача 544. Абсолютно черное тело имеет температуру $T_1 = 3 \text{ кК}$. При остывании тела длина волны, соответствующая максимальной спектральной плотности энергетической светимости, изменилась на $\Delta\lambda_m = 8 \text{ мкм}$. Определите температуру T_2 , до которой тело охладилось.

Задача 545. Истинная термодинамическая температура тантала $T = 2500 \text{ К}$. Его термодинамическая температура, измеренная радиационным пирометром, $T_{\text{рад}} = 1768 \text{ К}$. Определите поглощательную способность a_T тантала, принимая ее независимой от частоты излучения.

Задача 546. При увеличении термодинамической температуры абсолютно черного тела в $n = 2$ раза длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, уменьшилась

на $\Delta\lambda_m = 400$ нм. Определите начальную T_1 и конечную T_2 температуры тела.

Задача 547. Во сколько раз надо увеличить термодинамическую температуру абсолютно черного тела, чтобы его энергетическая светимость увеличилась в $n = 2$ раза?

Задача 548. Длина волны, соответствующая максимальной спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела, изменилась от $\lambda_{m1} = 720$ нм до $\lambda_{m2} = 400$ нм. Как и во сколько раз при этом изменилась мощность теплового излучения?

Задача 549. При некоторой постоянной температуре шар радиусом $R = 10$ см имеет мощность излучения $P = 1$ кВт. Считая шар серым телом с коэффициентом теплового излучения $a_T = 0,25$, найдите термодинамическую температуру T шара.

Задача 550. Радиационный пирометр показывает термодинамическую температуру никелевой раскаленной ленты $T_{\text{рад}} = 742$ К. Поглощательная способность никеля $a_T = 0,06$. Принимая, что поглощательная способность никеля не зависит от частоты излучения, вычислите истинную термодинамическую температуру T никелевой ленты.

Задача 551. На металлическую пластину падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,42$ мкм. Определите работу A выхода электрона с поверхности пластины, если фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов $U = 0,95$ В.

Задача 552. Красная граница фотоэффекта некоторого металла $\lambda_0 = 307$ нм. Какая доля w энергии фотона израсходована на работу выхода фотоэлектрона, если максимальная кинетическая энергия вылетающего фотоэлектрона $T_{\text{max}} = 1$ эВ?

Задача 553. Фотоны с энергией $\varepsilon = 5$ эВ вырывают фотоэлектроны с поверхности серебра. Определите максимальный импульс p_{max} , передаваемый поверхности этого металла при вылете каждого фотоэлектрона.

Задача 554. На поверхность металла падает γ -излучение с длиной волны $\lambda = 3$ пм. Определите максимальную скорость v_{max} движения фотоэлектронов, вырываемых из металла под действием этого излучения.

Задача 555. Для прекращения фотоэффекта, вызванного облучением ультрафиолетовым светом платиновой пластинки, нужно приложить задерживающую разность потенциалов $U_1 = 3,7$ В. Если же платиновую пла-

стинку заменить другой пластинкой, то нужно приложить задерживающую разность потенциалов $U_2 = 6$ В. Определите работу A_2 выхода электрона с поверхности другой пластинки.

Задача 556. Уединенный серебряный шарик облучается ультрафиолетовым светом с длиной волны $\lambda = 2,08$ нм. Определите, до какого потенциала U при облучении зарядится этот шарик.

Задача 557. На поверхность некоторого металла падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,1$ мкм. Красная граница фотоэффекта для этого металла $\lambda_0 = 0,3$ мкм. Какая доля w энергии фотона расходуется на сообщение фотоэлектрону кинетической энергии?

Задача 558. Фотон с энергией $\varepsilon = 10$ эВ падает на серебряную пластину, вызывая фотоэффект. Определите суммарный импульс p , полученный пластиной, если известно, что направления движения фотона и фотоэлектрона лежат на одной прямой, перпендикулярной поверхности пластины.

Задача 559. Поверхность металла облучается γ -фотонами с энергией $\varepsilon = 1,53$ МэВ. Определите максимальную скорость v_{\max} движения релятивистских фотоэлектронов, вылетающих из металла.

Задача 560. На поверхность некоторого металла падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 200$ нм. Определите максимальную кинетическую энергию T_{\max} (в электрон-вольтах) фотоэлектронов, вылетающих из металла, если у этого металла красная граница фотоэффекта $\lambda_0 = 310$ нм.

Задача 561. Фотон с энергией $\varepsilon = 0,25$ МэВ рассеялся на первоначально покоившемся свободном электроне. Определите кинетическую энергию T электрона отдачи, если в результате рассеяния относительное изменение длины волны падающего фотона $\Delta\lambda/\lambda = 20$ %.

Задача 562. Фотон с импульсом $p = 1,02$ МэВ/с, где c – скорость распространения света в вакууме, рассеялся на первоначально покоившемся свободном электроне, в результате чего импульс рассеянного фотона стал $p' = 0,255$ МэВ/с. Определите угол θ рассеяния фотона.

Задача 563. В результате эффекта Комптона фотон с энергией $\varepsilon = 1,02$ МэВ рассеялся на первоначально покоившемся свободном электроне на угол $\theta = 150^\circ$. Определите энергию ε' рассеянного фотона и кинетическую энергию T электрона отдачи.

Задача 564. Фотон с длиной волны $\lambda = 1$ пм рассеялся на первоначально покоившемся свободном электроны под углом $\theta = 90^\circ$. Какую долю w своей энергии фотон передал электрону?

Задача 565. Фотон с энергией $\varepsilon = 1,53$ МэВ рассеялся на первоначально покоившемся свободном электроны. Определите импульс p_e электрона отдачи, если известно, что в результате рассеяния фотон потерял долю $w = \frac{1}{3}$ своей энергии.

Задача 566. Фотон с энергией $\varepsilon = 0,25$ МэВ рассеялся на первоначально покоившемся свободном электроны, в результате чего энергия рассеянного фотона стала $\varepsilon' = 0,2$ МэВ. Определите угол θ рассеяния фотона.

Задача 567. Узкий пучок монохроматического рентгеновского излучения падает на рассеивающее вещество. Оказалось, что длины волн λ'_1 и λ'_2 рассеянного излучения соответственно под углами $\theta_1 = 60^\circ$ и $\theta_2 = 120^\circ$ отличаются в $n = 1,5$ раза. Определите длину волны λ падающего излучения, если известно, что рассеяние происходит на первоначально покоившихся свободных электронах.

Задача 568. В результате эффекта Комптона фотон с энергией ε , равной энергии покоя E_0 электрона, рассеялся на первоначально покоившемся свободном электроны на угол $\theta = 180^\circ$. Определите импульс p_e электрона отдачи.

Задача 569. Фотон с энергией $\varepsilon = 0,3$ МэВ рассеялся на первоначально покоившемся свободном электроны под углом $\theta = 180^\circ$. Определите долю w энергии падающего фотона, приходящуюся на рассеянный фотон.

Задача 570. При эффекте Комптона фотон рассеялся на первоначально покоившемся свободном электроны под углом $\theta = 90^\circ$. Определите энергию ε падающего фотона, если угол электрона отдачи $\varphi = 30^\circ$.

Задача 571. На идеально отражающую плоскую поверхность площадью $S = 5$ см² за время $t = 3$ мин падает нормально монохроматический свет, энергия которого $W = 9$ Дж. Определите световое давление p , оказываемое на поверхность.

Задача 572. Плоская световая волна интенсивностью $I = 0,7$ Вт/см² освещает плоскую круглую площадку радиусом $R = 5$ см с абсолютно зеркальной поверхностью. Найдите силу F светового давления, испытываемую площадкой.

Задача 573. На расстоянии $r = 5$ м от точечного монохроматического изотропного источника с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм перпендикулярно падающим пучкам расположена площадка площадью $S = 8$ мм². Определите число N фотонов, падающих за время $t = 1$ с на эту площадку, если мощность излучения $P = 100$ Вт.

Задача 574. Мощность электрической лампы накаливания $P = 150$ Вт. Считая лампу сферическим сосудом радиусом $R = 4$ см с коэффициентом отражения $\rho = 0,15$, определите давление p света на ее стенки.

Задача 575. Параллельный пучок монохроматического света с длиной волны $\lambda = 662,6$ нм падает нормально на зачерненную поверхность и производит на нее давление $p = 0,3$ мкПа. Определите концентрацию n фотонов в световом пучке.

Задача 576. Параллельный пучок монохроматического света с длиной волны $\lambda = 600$ нм на падает зачерненную поверхность площадью $S = 1$ см², расположенную перпендикулярно падающим лучам, и производит на нее давление $p = 0,1$ мкПа. Определите число N фотонов, падающих за время $t = 1$ с на эту поверхность.

Задача 577. Плоская световая волна интенсивностью $I = 0,1$ Вт/см² падает под углом $\alpha = 30^\circ$ на плоскую поверхность с коэффициентом отражения $\rho = 0,7$. Определите давление p , оказываемое светом на эту поверхность.

Задача 578. Поток энергии, излучаемый электрической лампой, $\Phi_e = 600$ Вт. На расстоянии $r = 1$ м от лампы перпендикулярно падающим лучам расположено круглое плоское зеркальце диаметром $D = 2$ см. Принимая, что излучение лампы одинаково во всех направлениях и что зеркальце полностью отражает падающий на него свет, определите силу F светового давления на зеркальце.

Задача 579. Монохроматическое излучение с длиной волны $\lambda = 500$ нм падает нормально на плоскую зеркальную поверхность и давит на нее с силой $F = 10$ нН. Определите число N фотонов, падающих за время $t = 1$ с на эту поверхность.

Задача 580. Световой поток $\Phi_e = 9$ Вт падает нормально на поверхность площадью $S = 10$ см², коэффициент отражения которой $\rho = 0,8$.

Определите световое давление p , которое испытывает при этом данная поверхность.

Задача 601. Определите по теории Бора скорость v движения электрона вокруг ядра по третьей стационарной орбите и радиус r этой орбиты для атома водорода.

Задача 602. Электрон в атоме водорода находится в возбужденном состоянии, определяемом главным квантовым числом $n = 3$. Считая известными скорость v_3 движения электрона на стационарной орбите и радиус r_3 этой орбиты, вычислите по теории Бора период T и частоту f обращения электрона вокруг ядра.

Задача 603. Электрон в атоме водорода находится на третьем энергетическом уровне. Определите (в электрон-вольтах) кинетическую T , потенциальную Π и полную E энергию электрона.

Задача 604. Найдите энергию E_i ионизации и потенциал U_i ионизации атома водорода.

Задача 605. Определите первый потенциал U_1 возбуждения атома водорода.

Задача 606. Найдите максимальную λ_{\max} и минимальную λ_{\min} длины волн в первой инфракрасной серии спектра водорода (серии Пашена).

Задача 607. Фотон с энергией $\varepsilon = 16,5$ эВ выбил электрон из невозбужденного атома водорода. Какую скорость v движения будет иметь электрон вдали от ядра атома?

Задача 608. Невозбужденный атом водорода поглотил квант излучения с длиной волны $\lambda = 102,5$ нм. Вычислите радиус r электронной орбиты возбужденного атома водорода.

Задача 609. На дифракционную решетку с периодом $d = 5$ мкм падает нормально пучок света от разрядной трубки, наполненной атомарным водородом. Переходу электрона с какой стационарной боровской орбиты и на какую стационарную боровскую орбиту соответствует спектральная линия, наблюдаемая при помощи этой решетки в спектре пятого порядка под углом $\varphi = 41^\circ$.

Задача 610. Фотон с энергией $\varepsilon = 12,12$ эВ, поглощенный атомом водорода, находящимся в основном состоянии, переводит атом в возбужденное состояние. Определите главное квантовое число n_2 этого состояния.

Задача 611. Протон обладает кинетической энергией T , равной его энергии покоя E_0 . Определите, как и во сколько раз изменится длина волны де Бройля протона, если его кинетическая энергия увеличится в $n = 3$ раза.

Задача 612. Из катодной трубки на диафрагму с двумя параллельными, лежащими в одной плоскости узкими щелями, расстояние между которыми $d = 50$ мкм, падает нормально параллельный пучок моноэнергетических электронов. Экран, на котором наблюдается дифракционная картина расположен от щелей на расстоянии $l = 100$ см. Определите анодное напряжение U трубки, если известно, что расстояние между центральным и первым максимумами дифракционной картины на экране $\Delta x = 4,9$ мкм.

Задача 613. Электрон движется в атоме водорода по третьей стационарной боровской орбите. Определите длину волны λ де Бройля электрона.

Задача 614. Электрон движется по окружности с радиусом кривизны $R = 0,5$ см в однородном магнитном поле с индукцией $B = 8$ мТл. Определите длину волны λ де Бройля электрона.

Задача 615. На грань некоторого кристалла, расстояние между атомными плоскостями которого $d = 0,2$ нм, под углом $\theta = 60^\circ$ к ее поверхности падает параллельный пучок электронов, движущихся с одинаковой скоростью. Определите скорость v движения электронов, если они испытывают интерференционное отражение первого порядка.

Задача 616. Дебройлевская длина волны электрона уменьшилась от $\lambda_1 = 0,2$ нм до $\lambda_2 = 0,1$ нм. Определите кинетическую энергию ΔT , которая была дополнительно сообщена электрону.

Задача 617. Кинетическая энергия релятивистского электрона $T = 850$ кэВ. Определите его длину волны λ де Бройля.

Задача 618. Параллельный пучок электронов, движущихся с скоростью $v = 1$ Мм/с, падает нормально на диафрагму с узкой прямоугольной щелью шириной $a = 1$ мкм. Проходя через щель, электроны рассеиваются и образуют дифракционную картину на экране, расположенном на расстоянии $l = 50$ см от щели и параллельном плоскости диафрагмы. Определите расстояние Δx между первыми дифракционными максимумами в дифракционной картине, полученной на экране.

Задача 619. В однородном электрическом поле протон и α -частица без начальной скорости прошли одинаковую ускоряющую разность потен-

циалов $U = 1$ ГВ. Определите отношение λ_1/λ_2 длины волны де Бройля протона и α -частицы.

Задача 620. Длина волны λ де Бройля релятивистского электрона равна его комптоновской длине волны λ_C . Определите скорость v движения электрона.

Задача 621. Приняв, что линейные размеры атома водорода $l = 0,1$ нм, оцените, используя соотношение неопределенностей $\Delta p \cdot \Delta x \geq \hbar$, низший энергетический уровень E_{\min} электрона в атоме водорода.

Задача 622. Электрон с кинетической энергией $T = 15$ эВ находится в металлической пылинке диаметром $d = 1$ мкм. Используя соотношение неопределенностей $\Delta p \cdot \Delta x \geq \hbar$, оцените относительную неточность $\Delta v/v$, с которой может быть определена скорость движения электрона.

Задача 623. В возбужденном состоянии среднее время жизни атома $\Delta t = 10$ нс. При переходе атома в нормальное состояние испускается фотон с длиной волны $\lambda = 500$ нм. Используя соотношение неопределенностей $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$, оцените относительную ширину $\Delta \lambda/\lambda$ излучаемой спектральной линии, если не происходит ее уширения за счет других процессов.

Задача 624. Электрон движется в атоме водорода по третьей стационарной боровской орбите. Используя соотношение неопределенностей $\Delta p \cdot \Delta x \geq \hbar$, оцените неточность Δx в определении координаты электрона, если известно, что допускаемая неточность в определении его скорости движения составляет $\Delta v = 10\%$ от ее величины.

Задача 625. Приняв, что в атомном ядре минимальная энергия нуклона $E_{\min} = 10$ МэВ, оцените, исходя из соотношения неопределенностей $\Delta p \cdot \Delta x \geq \hbar$, минимальные линейные размеры l_{\min} ядра.

Задача 626. Среднее время жизни атома в возбужденном состоянии $\Delta t = 10$ нс. При переходе атома в нормальное состояние испускается фотон с длиной волны $\lambda = 600$ нм. Оцените отношение естественной ширины ΔE энергетического уровня, на который был возбужден электрон, к энергии E , излученной атомом.

Задача 627. Неопределенность Δx координаты движущейся микрочастицы равна дебройлевской длине волны λ . Используя соотношение не-

определенностей $\Delta p \cdot \Delta x \geq \hbar$, оцените относительную неопределенность $\Delta p/p$ импульса этой микрочастицы.

Задача 628. Координаты электрона и пылинки массой $m_2 = 1$ нг установлены с одинаковой точностью. Вычислите отношение $\Delta v_1/\Delta v_2$ неопределенностей скоростей движения электрона и пылинки.

Задача 629. В возбужденном состоянии среднее время жизни атома $\Delta t = 10$ нс. При переходе атома в нормальное состояние испускается фотон с длиной волны $\lambda = 400$ нм. Используя соотношение неопределенностей $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$, оцените естественную ширину $\Delta \lambda$ излучаемой спектральной линии, если не происходит ее уширения за счет других процессов.

Задача 630. Моноэнергетический пучок электронов, прошедших в однородном электрическом поле ускоряющую разность потенциалов $U = 20$ кВ, в центре экрана электроннолучевой трубки, длина которой $l = 0,5$ м, высвечивает пятно радиусом $r = 10^{-3}$ см. Пользуясь соотношением неопределенностей $\Delta p \cdot \Delta x \geq \hbar$, оцените, во сколько раз радиус r пятна больше неопределенности координаты Δx электрона на экране в направлении, перпендикулярном оси трубки.

Задача 641. За время $t = 1$ сут активность радиоактивного изотопа уменьшилась от $A_1 = 118$ ГБк до $A_2 = 7,4$ ГБк. Определите период полураспада $T_{1/2}$ этого нуклида.

Задача 642. Какая часть k начального количества атомных ядер распадется за время $t = 1$ год в радиоактивном изотопе тория ^{229}Th ?

Задача 643. Определите активность A радиоактивного изотопа фосфора ^{32}P массой $m = 1$ мг.

Задача 644. За время $t = 8$ сут распалось часть $k = 3/4$ начального количества атомных ядер радиоактивного изотопа. Определите период полураспада $T_{1/2}$ этого нуклида.

Задача 645. Счетчик α -частиц, установленный вблизи радиоактивного изотопа, при первом измерении зарегистрировал за единицу времени число $\Delta N_1 = 1400$ мин $^{-1}$ частиц, а при втором измерении через время $t = 4$ ч зарегистрировал за единицу времени число $\Delta N_2 = 400$ мин $^{-1}$ частиц. Определите период полураспада $T_{1/2}$ этого изотопа.

Задача 646. Определите, на сколько процентов уменьшится активность радиоактивного изотопа иридия ^{192}Ir за время $t = 30$ сут.

Задача 647. Какая часть k начального количества атомных ядер радиоактивного нуклида распадется за время t , равное средней продолжительности τ жизни радиоактивного ядра этого нуклида?

Задача 648. Масса радиоактивного изотопа стронция ^{90}Sr $m_1 = 1$ мг. Какова масса m_2 радиоактивного изотопа урана ^{238}U , имеющего такую же активность?

Задача 649. Вычислите удельную (массовую) активность a радиоактивного изотопа кобальта ^{60}Co .

Задача 650. Счетчик Гейгера, установленный вблизи препарата радиоактивного изотопа серебра, регистрирует поток β -частиц. При первом измерении счетчик частиц зарегистрировал поток $\Phi_1 = 87 \text{ с}^{-1}$, а по истечении времени $\Delta t = 1$ сут счетчик зарегистрировал поток $\Phi_2 = 22 \text{ с}^{-1}$. Определите период полураспада $T_{1/2}$ изотопа серебра.

Задача 651. Определите минимальную энергию E_{\min} , которую нужно затратить, чтобы оторвать один нейтрон от атомного ядра азота $^{14}_7\text{N}$.

Задача 652. При ядерной реакции $^9\text{Be}(\alpha, n)^{12}\text{C}$ освобождается энергия $Q = 5,69$ МэВ. Пренебрегая кинетическими энергиями ядер бериллия и гелия и принимая их суммарный импульс равным нулю, определите кинетические энергии T_1 и T_2 и импульсы p_1 и p_2 продуктов реакции.

Задача 653. Определите удельную энергию $E_{\text{уд}}$ связи атомных ядер алюминия $^{27}_{13}\text{Al}$ и свинца $^{207}_{82}\text{Pb}$.

Задача 654. Вычислите энергию Q и определите тип следующих ядерных реакций, записанных в сокращенном виде: а) $^7\text{Li}(\alpha, n)^{10}\text{B}$ и б) $^{19}\text{F}(p, \alpha)^{16}\text{O}$.

Задача 655. Определите минимальную энергию E_{\min} , которую нужно затратить, чтобы разделить атомное ядро гелия ^4_2He на две одинаковые части.

Задача 656. Атомное ядро углерода $^{14}_6\text{C}$ выбросило отрицательно заряженную β^- -частицу и антинейтрино. Определите полную энергию Q β^- -распада ядра.

Задача 657. Атомное ядро, поглотившее γ -фотон с длиной волны $\lambda = 0,2$ пм, пришло в возбужденное состояние и распалось на отдельные нук-

лоны, разлетевшиеся в разные стороны. Определите энергию связи $E_{\text{св}}$ атомного ядра, если суммарная кинетическая энергия нуклонов $T = 0,6$ МэВ.

Задача 658. Сокращенная запись ядерной реакции имеет вид: ${}^9\text{Be}(n, \gamma){}^{10}\text{Be}$. Вычислите энергию Q и определите тип этой ядерной реакции, если энергия связи атомного ядра изотопа бериллия ${}^9\text{Be}$ $E_{\text{св1}} = 58,16$ МэВ, а энергия связи атомного ядра изотопа бериллия ${}^{10}\text{Be}$ $E_{\text{св2}} = 64,98$ МэВ.

Задача 659. Удельные энергии связи атомных ядер неона ${}^{20}\text{Ne}$, углерода ${}^{12}\text{C}$ и гелия ${}^4\text{He}$ равны соответственно $E_{\text{уд1}} = 8,03$ МэВ/нуклон, $E_{\text{уд2}} = 7,68$ МэВ/нуклон и $E_{\text{уд3}} = 7,07$ МэВ/нуклон. Определите минимальную энергию E_{min} , необходимую для разделения атомного ядра неона ${}^{20}\text{Ne}$ на атомное ядро углерода ${}^{12}\text{C}$ и две α -частицы.

Задача 660. Тепловая мощность атомной электростанции $P = 10$ МВт. Принимая, что при распаде одного атомного ядра изотопа урана ${}^{235}\text{U}$ выделяется энергия $Q = 200$ МэВ, определите массовый суточный расход m_t ядерного горючего в ядерном реакторе атомной электростанции, если ее КПД $\eta = 20$ %.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1

**Единицы физических величин СИ,
имеющие собственные наименования**

| Величина | Единица | |
|---|--------------|-------------|
| | Наименование | Обозначение |
| Длина | Метр | М |
| Масса | Килограмм | Кг |
| Время | Секунда | С |
| Плоский угол | Радиан | Рад |
| Телесный угол | Стерadian | Ср |
| Сила, вес | Ньютон | Н |
| Давление | Паскаль | Па |
| Напряжение (механическое) | Паскаль | Па |
| Модуль упругости | Паскаль | Па |
| Работа, энергия | Джоуль | Дж |
| Мощность | Ватт | Вт |
| Частота колебаний | Герц | Гц |
| Термодинамическая температура | Кельвин | К |
| Разность температур | Кельвин | К |
| Теплота, количество теплоты | Джоуль | Дж |
| Количество вещества | Моль | Моль |
| Электрический заряд | Кулон | Кл |
| Сила тока | Ампер | А |
| Потенциал электрического поля, электрическое напряжение | Вольт | В |
| Электрическая емкость | Фарад | Ф |
| Электрическое сопротивление | Ом | Ом |
| Электрическая проводимость | Сименс | См |
| Магнитная индукция | Тесла | Тл |
| Магнитный поток | Вебер | Вб |
| Индуктивность | Генри | Гн |
| Сила света | Кандела | Кд |
| Световой поток | Люмен | Лм |
| Освещенность | Люкс | Лк |
| Поток излучения | Ватт | Вт |
| Поглощенная доза излучения (доза излучения) | Грэй | Гр |
| Активность изотопа | Беккерель | Бк |

Таблица 2

**Множители и приставки для образования десятичных кратных
и дольных единиц и их наименований¹**

| Множитель | Приставка | Обозначение приставки | | Множитель | Приставка | Обозначение | |
|-----------|-----------|-----------------------|---------|------------|-----------|---------------|---------|
| | | Международное | Русское | | | Международное | Русское |
| 10^{18} | экса | <i>E</i> | Э | 10^{-1} | деци | <i>d</i> | д |
| 10^{15} | пета | <i>P</i> | П | 10^{-2} | санتي | <i>c</i> | с |
| 10^{12} | тера | <i>T</i> | Т | 10^{-3} | милли | <i>m</i> | м |
| 10^9 | гига | <i>G</i> | Г | 10^{-6} | микро | <i>μ</i> | мк |
| 10^6 | мега | <i>M</i> | М | 10^{-9} | Нано | <i>n</i> | н |
| 10^3 | кило | <i>k</i> | к | 10^{-12} | пико | <i>P</i> | п |
| 10^2 | гекто | <i>h</i> | г | 10^{-15} | фемто | <i>f</i> | ф |
| 10^1 | дека | <i>da</i> | да | 10^{-18} | атто | <i>a</i> | а |

Примечание. Приставки гекто, дека, деци и санти допускается применять только в наименованиях кратных и дольных единиц, уже получивших широкое распространение (гектар, декалитр, дециметр, сантиметр и др.).

При сложном наименовании производной единицы СИ приставку присоединяют к наименованию первой единицы, входящей в произведение или числитель дроби. Например, кПа·с/м, но не Па·кс/м.

Таблица 3

**Внесистемные единицы, допускаемые к применению
наравне с единицами СИ**

| Наименование величины | Единицы | | |
|-----------------------|-----------------------|-------------|--|
| | Наименование | Обозначение | Соотношение с единицей СИ ⁴ |
| Масса | тонна | т | 10^3 кг |
| | атомная единица массы | а. е. м | $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг |
| Время ¹ | минута | мин | 60 с |
| | час | ч | 3600 с |
| | сутки | сут | 86400 с |

¹ В соответствии с международным стандартом ИСО 31/0—74 десятичные кратные и дольные единицы не являются единицами СИ.

⁴ Допускается также применять другие единицы, получившие широкое распространение. Например, неделя, месяц, год, век, тысячелетие и т. п.

| | | | |
|---------------------|-------------------------|------------------|--------------------------|
| Плоский угол | градус | ... ⁰ | $1,74 \cdot 10^{-2}$ рад |
| | минута | ...' | $2,91 \cdot 10^{-4}$ рад |
| | секунда | ...'' | $4,85 \cdot 10^{-6}$ рад |
| | град ² | град | (л/200) рад |
| Объем, вместимость | литр ³ | л | 10^{-3} м ³ |
| Длина | астрономическая единица | а.е. | $1,50 \cdot 10^{11}$ м |
| | световой год | св.год | $9,46 \cdot 10^{15}$ |
| | парсек | пк | $3,08 \cdot 10^{16}$ м |
| Оптическая сила | диоптрия | дптр | 1 м^{-1} |
| Площадь | гектар | га | 10^4 м^2 |
| Энергия | электрон-вольт | эВ | $1,60 \cdot 10^{-19}$ Дж |
| Полная мощность | вольт-ампер | В·А | |
| Реактивная мощность | вар | вар | |

Таблица 4

Соотношение между внесистемными единицами и единицами СИ

| <i>Единицы пространства и времени. Единицы механических величин</i> | |
|---|--|
| Длина..... | 1 ангстрем (А) = 10^{-10} м = 10^{-8} см |
| Время..... | 1 сут = 86400 с |
| | 1 год = 365,25 сут = $3,16 \cdot 10^{-2}$ с |
| Плоский угол..... | $1^0 = \pi/180$ рад = $1,75 \cdot 10^{-2}$ рад |
| | $1' = \pi/108 \cdot 10^{-2}$ рад = $2,91 \cdot 10^{-4}$ рад |
| | $1'' = \pi/648 \cdot 10^{-3}$ рад = $4,85 \cdot 10^{-6}$ рад |
| Объём, вместимость..... | 1 л = 10^{-30} м ³ = 10^3 см ³ |
| Масса..... | 1 т = 10^3 кг |
| | 1 а.е.м. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг |
| Сила..... | 1 кгс·м = 9,81 Н |
| Работа, энергия..... | 1 кгс·м = 9,81 Дж |
| | 1 Вт·ч = $3,6 \cdot 10^3$ Дж |
| | 1 эВ = $1,60 \cdot 10^{-19}$ Дж |
| Мощность..... | 1 л.с. = 736 Вт |
| Давление..... | 1 кгс/см ² = $9,81 \cdot 10^4$ Па |

² Допускается применять по-русски наименование сгон".

³ Не рекомендуется применять при точных измерениях. При возможности смешения обозначения l с цифрой 1 допускается обозначение L .

⁴ Соотношения с единицей СИ даны приближенно с точностью до трех значащих цифр.

| | |
|---|---|
| | 1 мм рт. ст. = 133 Па |
| | 1 бар = 10^5 Па |
| | 1 атм = $1,01 \cdot 10^5$ Па |
| Напряжение (механическое)..... | $1 \text{ кгс/мм}^2 = 9,81 \cdot 10^6 \text{ Па}$ |
| Частота вращения..... | $1 \text{ об/с} = 1,01 \text{ с}^{-1}$ |
| | $1 \text{ об/мин} = 1/60 \text{ с}^{-1}$ |
| Волновое число..... | $1 \text{ см}^{-1} = 100 \text{ м}^{-1}$ |
| <i>Единицы величин молекулярной физики и термодинамики</i> | |
| Концентрация частиц..... | $1 \text{ см}^{-3} = 10^6 \text{ м}^{-3}$ |
| Теплота (количество теплоты)..... | 1 кал = 4,19 Дж |
| | 1 ккал = $4,19 \cdot 10^3$ Дж |
| <i>Единицы электрических и магнитных величин</i> | |
| Электрический момент диполя..... | 1 Д = $3,34 \cdot 10^{-30}$ Кл·м |
| Удельное электрическое сопротивление..... | $1 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м} = 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ |
| Магнитная индукция..... | 1 Гс = 10^{-4} Тл |
| Магнитный поток..... | 1 Мкс = 10^{-8} Вб |
| Напряженность магнитного поля..... | 1 Э = 79,6 А/м |
| <i>Единицы световых величин и величин энергетической фотометрии</i> | |
| Освещенность..... | 1 фот = 10^4 лк |
| <i>Единицы величин, ионизирующих излучений</i> | |
| Доза излучения(поглощенная доза излучения)..... | 1 рад = 0,01 Гр |
| Мощность дозы излучения(мощность поглощенной дозы излучения) | |
| | 1 рад/с = 0,01 Гр/с |
| | 1 рад/ч = $2,78 \cdot 10^{-6}$ Гр/с |
| Экспозиционная доза рентгеновского и гамма-излучений..... | 1 Р = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг |
| Мощность экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучения..... | 1 Р/мин = $4,30 \cdot 10^{-6}$ А/кг |
| | 1 Р/ч = $7,17 \cdot 10^{-8}$ А/кг |
| Активность нуклида в радиоактивном источнике (активность изотопа).. | 1 расп./с = 1 Бк |
| | 1 Ки = $3,70 \cdot 10^{10}$ Бк |
| Плотность потока ионизирующих частиц..... | $1 \text{ част./}(\text{с} \cdot \text{м}^2) = 1 \text{ с}^{-1} \text{ м}^{-2}$ |

Соотношение внесистемных единиц радиоактивности и ионизирующих излучений с единицами СИ

| Наименование величины | Внесистемные единицы | | Соотношение с единицей СИ | |
|---|---|--|---|--|
| | Наименование | Обозначение | | |
| | | | Международное | Русское |
| Плотность потока ионизирующих частиц | сантиметр в минус второй степени – час в минус первой степени | $\text{cm}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ | $\text{см}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ | $2,778 \text{ м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ |
| Интенсивность излучения | эрг-сантиметр в минус второй степени – секунда в минус первой степени | $\text{erg}(\text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1})$ | эрг($\text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$) | 10^{-3} Вт/м^2 |
| | эрг-сантиметр в минус второй степени – минута в минус первой степени | $\text{erg}(\text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1})$ | эрг($\text{см}^{-2} \cdot \text{мин}^{-1}$) | $1,667 \cdot 10^{-5} \text{ Вт/м}^2$ |
| | эрг-сантиметр в минус второй степени – час в минус первой степени | $\text{erg}(\text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1})$ | эрг($\text{см}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$) | $2,778 \cdot 10^{-7} \text{ Вт/м}^2$ |
| Поглощенная доза излучения | эрг-грамм в минус первой степени | $\text{erg} \cdot \text{g}^{-1}$ | эрг·г ⁻¹ | 10^{-4} Дж/кг |
| | рад | rad | рад | 0,01 Гр |
| Мощность поглощенной дозы излучения | эрг-грамм в минус первой степени – секунда в минус первой степени | $\text{erg}(\text{g}^{-1} \cdot \text{s}^{-1})$ | эрг($\text{г}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$) | 10^{-4} Вт/кг |
| | рад-секунда в минус первой степени | $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ | рад · с ⁻¹ | 0,01 Гр/с |
| | рад-минута в минус, первой степени | $\text{rad} \cdot \text{min}^{-1}$ | рад · мин ⁻¹ | $1,667 \cdot 10^{-4} \text{ Гр/с}$ |
| | рад-час в минус первой степени | $\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$ | рад · ч ⁻¹ | $2,778 \cdot 10^{-6} \text{ Гр/с}$ |
| Экспозиционная доза рентгеновского и гамма-излучений | рентген | R | P | $2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$ |
| Мощность экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучений | рентген в секунду | R/s | P/с | $2,58 \cdot 10^{-4} \text{ А/кг}$ |
| | рентген в минуту | R/min | P/мин | $4,3 \cdot 10^{-6} \text{ А/кг}$ |
| | рентген в час | R/h | P/ч | $7,17 \cdot 10^{-8} \text{ А/кг}$ |

Перечень некоторых кратных и дольных единиц, рекомендованных к применению ГОСТ 8.417—81

| Наименование величины | Единица | | Обозначения кратных и дольных единиц, рекомендованных к применению |
|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------|---|
| | Наименование | Обозначение | |
| Длина | метр | м | км, см, мм, мкм, нм |
| Площадь | квадратный метр | м ² | км ² , дм ² , см ² , мм ² |
| Объем, вместимость | кубический метр | м ³ | дм ³ , см ³ , мм ³ |
| Время | секунда | с | кс, мс, мкс, нс |
| Частота периодического процесса | герц | Гц | ТГц, ГГц, МГц, кГц |
| Масса | килограмм | кг | Мг, г, ыг, мкг |
| Сила | ньютон | Н | МН, кН, мН, мкН |
| Момент силы | ньютон-метр | Н·м | МН·м, кН·м, мН·м, мкМ·м |
| Давление | паскаль | Па | ГПа, МПа, кПа, гПа, даПа, мПа, мкПа |
| Динамическая вязкость | паскаль-секунда | Па·с | Мпа·с |
| Кинематическая вязкость | квадратный метр на секунду | М ² /с | Мм ² /с |
| Механическое напряжение | ньютон на метр | Н/м | мН/м |
| Энергия, работа | джоуль | Дж | ТДж, ГДж, МДж, кДж, мДж |
| Мощность | ватт | Вт | ГВт, МВт, кВт, мВт, мкВт |
| Температура | кельвин | К | МК, кК, мК, мкК |
| Теплота (количество теплоты) | джоуль | Дж | ТДж, ГДж, МДж, кДж, мДж |
| Теплоемкость | джоуль на кельвин | Дж/К | кДж/К |
| Удельная теплоемкость | джоуль на килограмм-кельвин | Дж/(кг·К) | КДж/(кг·К) |
| Энтропия | джоуль на кельвин | Дж/К | кДж/К |
| Удельная теплота фазового превращения | джоуль на килограмм | Дж/кг | МДж/кг, кДж/кг |

| | | | |
|---|--------------------------|----------------------|--|
| Количество вещества | моль | Моль | Кмоль, ммоль, мкмоль |
| Молярная масса | килограмм на моль | Кг/моль | г/моль |
| Молярный объем | кубический метр на моль | М ³ /моль | дм ³ /моль, см ³ /моль |
| Молярная концентрация | моль на кубический метр | Моль/м ³ | Моль/дм ³ , моль/см ³ |
| Внутренняя энергия | джоуль | Дж | ГДж, ГДж, кДж, мДж |
| Сила тока | ампер | А | кА, мА, мкА, нА, пА |
| Электрический заряд | кулон | Кл | кКл, мкКл, нКл, пКл |
| Пространственная плотность заряда | кулон на кубический метр | Кл/м ³ | Кл/мм ³ , МКл/м ³ , Кл/см ³ , кКл/м ³ , мКл/м ³ , мкКл/м ³ |
| Поверхностная плотность заряда | кулон на квадратный метр | Кл/м ² | МКл/м ² , Кл/мм ² , Кл/см ² , кКл/м ² , мКл/м ² , мкКл/м ² |
| Напряженность электрического поля | вольт на метр | В/м | МВ/м, кВ/м, В/мм, В/см, мВ/м, мкВ/м |
| Электрическое напряжение, электрический потенциал | вольт | В | МВ, кВ, мВ, мкВ, нВ |
| Электрическое смещение | кулон на квадратный метр | Кл/м ² | Кл/см ² , кКл/см ² , мКл/м ² , мкКл/м ² |
| Поток электрического смещения | кулон | Кл | МКл, кКл, мКл |
| Электрическая емкость | фарад | Ф | мФ, мкФ, нФ, пФ |
| Поляризованность | кулон на квадратный метр | Кл/м ² | Кл/см ² , кКл/м ² , мКл/м ² , мкКл/м ² |
| Плотность электрического тока | ампер на квадратный метр | А/м ² | МА/м ² , А/мм ² , А/см ² , кА/м ² |
| Линейная плотность электрического тока | ампер на метр | А/м | кА/м, А/мм, А/см |
| Напряженность магнитного поля | ампер на метр | А/м | кА/м, А/мм, А/см |
| Магнитная индукция | тесла | Тл | МТл, мкТл, нТл |
| Индуктивность | генри | Гн | мГн, мкГн, нГн, пГн |

| | | | |
|--|-------------------------|-------------------|---|
| Длина волны | метр | м | мм, мкм, им, пм |
| Звуковое давление | паскаль | Па | мПа, мкПа |
| Поток звуковой энергии | ватт | Вт | кВт, мВт, мкВт, пВт |
| Интенсивность звука | ватт на квадратный метр | Вт/м ² | мВт/м ² , мкВт/м ² , пВт/м ² |
| Поглощенная доза излучения | грей | Гр | ТГр, ГГр, МГр, кГр, мГр, мкГр |
| Активность нуклида в радиоактивном источнике | беккерель | Бк | Эбк, ПБк, ТБк, ГБк, МБк, кБк |

ТАБЛИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Таблица 7

Некоторые астрономические величины

| | |
|--|-------------------------------|
| Радиус Земли..... | $6,37 \cdot 10^6$ м |
| Масса Земли..... | $5,98 \cdot 10^{24}$ кг |
| Радиус Солнца..... | $6,95 \cdot 10^8$ м |
| Масса Солнца..... | $1,98 \cdot 10^{30}$ кг |
| Радиус Луны..... | $1,74 \cdot 10^6$ м |
| Масса Луны..... | $7,33 \cdot 10^{30}$ кг |
| Расстояние от центра Земли до центра Солнца..... | $1,49 \cdot 10^{11}$ м |
| То же, до центра Луны..... | $3,84 \cdot 10^8$ м |
| Период обращения Луны вокруг Земли. | 27,3сут = $2,36 \cdot 10^6$ с |

Таблица 8

| Плотность ρ твердых тел и жидкостей (Мг/м ³ , или г/см ³) | |
|---|------|
| <i>Твердые тела</i> | |
| Алюминий..... | 2,70 |
| Висмут..... | 9,80 |
| Вольфрам..... | 19,3 |
| Железо (чугун, сталь)..... | 7,87 |
| Золото..... | 19,3 |
| Каменная соль..... | 2,20 |
| Латунь..... | 8,55 |
| Марганец..... | 7,40 |
| Медь..... | 8,93 |

| | |
|---|------|
| Никель..... | 8,80 |
| Платина..... | 21,4 |
| Свинец..... | 11,3 |
| Серебро..... | 10,5 |
| Уран..... | 18,7 |
| Жидкости (при 15 °С) | |
| Вода (дистиллированная при 4 °С)..... | 1,00 |
| Глицерин..... | 1,26 |
| Керосин..... | 0,8 |
| Масло (оливковое, смазочное)..... | 0,9 |
| Масло касторовое..... | 0,96 |
| Ртуть..... | 13,6 |
| Сероуглерод..... | 1,26 |
| Спирт..... | 0,8 |
| Эфир..... | 0,7 |
| Плотность ρ газов при нормальных условиях (кг/м ³) | |
| Азот..... | 1,25 |
| Аргон..... | 1,78 |
| Водород..... | 0,09 |
| Воздух..... | 1,29 |
| Гелий..... | 0,18 |
| Кислород..... | 1,43 |

Таблица 9

Упругие постоянные твердых тел (округленные значения)

| Вещество | Модуль Юнга E , ГПа | Модуль сдвига G , ГПа |
|----------------|-----------------------|-------------------------|
| Алюминий | 69 | 24 |
| Вольфрам | 380 | 140 |
| Железо (сталь) | 200 | 76 |
| Медь | 98 | 44 |
| Серебро | 74 | 27 |

Таблица 10

Эффективный диаметр молекул, динамическая вязкость и теплопроводность газов при нормальных условиях

| Вещество | Эффективный диаметр d , нм | Динамическая вязкость η , мкПа·с | Теплопроводность λ , мВт/(м·К) |
|----------|------------------------------|---------------------------------------|--|
| Азот | 0,38 | 16,6 | 24,3 |
| Аргон | 0,35 | 21,5 | 16,2 |
| Водород | 0,28 | 8,66 | 168 |

| | | | |
|-----------|------|------|------|
| Воздух | – | 17,2 | 24,1 |
| Гелий | 0,22 | – | – |
| Кислород | 0,36 | 19,8 | 24,4 |
| Пары воды | – | 8,32 | 15,8 |

Таблица 11

Критические параметры и поправки Ван-дер-Ваальса

| Газ | Критическая температура $T_{кр}$, К | Критическое давление $P_{кр}$, МПа | Поправки Ван-дер-Ваальса | |
|----------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| | | | $a, Н \cdot м^4/моль^2$ | $b, 10^{-5} м^3/моль$ |
| Азот | 126 | 3,39 | 0,135 | 3,86 |
| Аргон | 151 | 4,86 | 0,134 | 3,22 |
| Водяной пар | 647 | 22,1 | 0,545 | 3,04 |
| Кислород | 155 | 5,08 | 0,136 | 3,17 |
| Неон | 44,4 | 2,72 | 0,209 | 1,70 |
| Углекислый газ | 304 | 7,38 | 0,361 | 4,28 |
| Хлор | 417 | 7,71 | 0,650 | 5,62 |

Таблица 12

Динамическая вязкость η жидкостей при 20 °С (мПа·с)

| | |
|-----------------------|------|
| Вода..... | 1,00 |
| Глицерин..... | 1480 |
| Масло касторовое..... | 987 |
| Масло машинное..... | 200 |
| Ртуть..... | 1,58 |

Таблица 13

Поверхностное натяжение σ жидкостей при 20 °С (мН/м)

| | |
|-------------------|------------------|
| Вода..... | 73 |
| Глицерин..... | 62 |
| Мыльная вода..... | 40 |
| Ртуть..... | $5,0 \cdot 10^2$ |
| Спирт..... | 22 |

Таблица 14

Скорость звука c , м/с

| | |
|-----------|------|
| Вода..... | 1450 |
|-----------|------|

| | |
|---|-----|
| Воздух (сухой при нормальных условиях)..... | 332 |
|---|-----|

Таблица 15

Диэлектрическая проницаемость ϵ

| | |
|-------------------------------|-----|
| Вода..... | 81 |
| Масло (трансформаторное)..... | 2,2 |
| Парафин..... | 2,0 |
| Слюда..... | 7,0 |
| Стекло..... | 7,0 |
| Фарфор..... | 5,0 |
| Эбонит..... | 3,0 |

Таблица 16

Удельное сопротивление ρ и температурный коэффициент α проводников

| Вещество | ρ при 20 °С, нОм·м | α , °С ⁻¹ |
|----------|-------------------------|-----------------------------|
| Железо | 98 | $6,2 \cdot 10^{-3}$ |
| Медь | 17 | $4,2 \cdot 10^{-3}$ |
| Алюминий | 26 | $3,6 \cdot 10^{-3}$ |
| Графит | $3,9 \cdot 10^3$ | $-0,8 \cdot 10^3$ |

Таблица 17

Показатели преломления n

| | |
|---------------------|------|
| Алмаз..... | 2,42 |
| Вода..... | 1,33 |
| Масло коричное..... | 1,60 |
| Сероуглерод..... | 1,63 |
| Стекло..... | 1,50 |

Примечание. Показатели преломления стекла зависят от сорта стекла и длины волны проходящего через него излучения. Поэтому приведенное здесь значение показателя преломления следует рассматривать как условное и использовать его только в том случае, когда он не указан в условии задачи.

Таблица 18

Работа выхода электронов из металла

| Металл | A , эВ | $A \cdot 10^{-19}$, Дж |
|--------|----------|-------------------------|
| Калий | 2,2 | 3,5 |
| Литий | 2,3 | 3,7 |

| | | |
|---------|-----|------|
| Натрий | 2,5 | 4,0 |
| Платина | 6,3 | 10,1 |
| Серебро | 4,7 | 7,5 |
| Цинк | 4,0 | 6,4 |

Таблица 19

Масса нейтральных атомов

| Элемент | Порядковый номер | Изотоп | Масса, а.е.м. |
|----------------------|------------------|------------------|---------------|
| (Нейтрон) Водород | 0 1 | N | 1,00867 |
| | | ¹ H | 1,00783 |
| | | ² H | 2,01410 |
| | | ³ H | 3,01605 |
| Гелий | 2 | ³ He | 3,01603 |
| | | ⁴ He | 4,00260 |
| Литий | 3 | ⁶ Li | 6,01513 |
| | | ⁷ Li | 7,01601 |
| Бериллий | 4 | ⁷ Be | 7,01693 |
| | | ⁹ Be | 9,01219 |
| | | ¹⁰ Be | 10,01354 |
| Бор | 5 | ⁹ B | 9,01333 |
| | | ¹⁰ B | 10,01294 |
| | | ¹¹ B | 11,00931 |
| Углерод | 6 | ¹⁰ C | 10,00168 |
| | | ¹² C | 12,00000 |
| | | ¹³ C | 13,00335 |
| | | ¹⁴ C | 14,00324 |
| Азот | 7 | ¹³ N | 13,00574 |
| | | ¹⁴ N | 14,00307 |
| | | ¹⁵ N | 15,00011 |
| Кислород | 8 | ¹⁶ O | 15,99491 |
| | | ¹⁷ O | 16,99913 |
| | | ¹⁸ O | 17,99916 |
| Фтор | 9 | ¹⁹ F | 18,99840 |
| Натрий | 11 | ²² Na | 21,99444 |
| | | ²³ Na | 22,98977 |
| Магний | 12 | ²³ Mg | 22,99414 |
| Алюминий | 13 | ³⁰ Al | 29,99817 |
| Кремний | 14 | ³¹ Si | 30,97535 |
| Фосфор | 15 | ³¹ P | 30,97376 |
| Калий | 19 | ³¹ K | 40,96184 |

| | | | |
|---------|----|-------------------|-----------|
| Кальций | 20 | ^{44}Ca | 43,95549 |
| Свинец | 82 | ^{206}Pb | 205,97446 |
| Полоний | 84 | ^{210}Po | 209,98297 |

Таблица 20

Масса и энергия покоя некоторых элементарных частиц и легких ядер

| Частица | Масса | | Энергия | |
|-------------------|-----------------------|----------------|------------------------|-------------|
| | m_0 , кг | m_0 , а.е.м. | E_0 , Дж | E_0 , МэВ |
| Электрон | $9,11 \cdot 10^{-31}$ | 0,00055 | $8,161 \cdot 10^{-14}$ | 0,511 |
| Нейтральный мезон | $2,41 \cdot 10^{-28}$ | 0,145261 | – | 135 |
| Протон | $1,67 \cdot 10^{-27}$ | 1,00728 | $1,50 \cdot 10^{-10}$ | 938 |
| Нейтрон | $1,68 \cdot 10^{-27}$ | 1,00867 | $1,5 \cdot 10^{-10}$ | 939 |
| Дейтон | $3,35 \cdot 10^{-27}$ | 2,01355 | $3,00 \cdot 10^{-10}$ | 1876 |
| α -Частица | $6,64 \cdot 10^{-27}$ | 4,00149 | $5,96 \cdot 10^{-10}$ | 3733 |

Таблица 21

Период полураспада радиоактивных изотопов

| Изотоп | Символ изотопа | Тип распада | Период полураспада |
|----------|------------------------|----------------------|-----------------------|
| Актиний | $^{225}_{89}\text{Ac}$ | α | 10 сут |
| Йод | $^{131}_{53}\text{I}$ | β^- , γ | 8 сут |
| Иридий | $^{192}_{77}\text{Ir}$ | β^- , γ | 75 сут |
| Кобальт | $^{60}_{27}\text{Co}$ | β^- , γ | 5,3 года |
| Магний | $^{27}_{12}\text{Mg}$ | β^- | 10 мин |
| Радий | $^{219}_{88}\text{Ra}$ | α | 10^{-3} с |
| Радий | $^{226}_{88}\text{Ra}$ | α , γ | $1,62 \cdot 10^3$ лет |
| Радон | $^{222}_{86}\text{Rn}$ | α | 3,8 сут |
| Стронций | $^{90}_{38}\text{Sr}$ | β^- | 28 лет |
| Торий | $^{229}_{90}\text{Th}$ | α , γ | $7 \cdot 10^3$ лет |
| Уран | $^{238}_{92}\text{U}$ | α , γ | $4,5 \cdot 10^9$ лет |
| Фосфор | $^{32}_{15}\text{P}$ | β^- | 14,3 сут |
| Натрий | $^{22}_{11}\text{Na}$ | γ | 2,6 года |

Таблица 22

Основные физические постоянные

(округленные с точностью до трех значащих цифр)

| | |
|--|---|
| Нормальное ускорение свободного падения..... | $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ |
| Гравитационная постоянная..... | $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$ |

| | |
|---|--|
| Постоянная Авогадро..... | $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹ |
| Молярная газовая постоянная..... | $R = 8,31$ Дж/(К·моль) |
| Стандартный объем ¹ | $V_m = 22,4 \cdot 10^{-3}$ м ³ /моль |
| Постоянная Больцмана..... | $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К |
| Постоянная Фарадея..... | $F = 9,65 \cdot 10^4$ Кл/моль |
| Элементарный заряд..... | $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл |
| Масса электрона..... | $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ кг |
| Удельный заряд электрона..... | $e/m = 1,76 \cdot 10^{11}$ Кл/кг |
| Скорость света в вакууме ² | $c = 3,00 \cdot 10^8$ м/с |
| Постоянная Стефана — Больцмана..... | $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м ² ·К ⁴) |
| Постоянная закона смещения Вина..... | $C = 2,90 \cdot 10^{-3}$ м·К |
| Постоянная Планка..... | $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с |
| $\hbar = h/(2\pi) = 1,05 \cdot 10^{-34}$ Дж·с | |
| Постоянная Ридберга..... | $R^2 = 1,10 \cdot 10^7$ м ⁻¹ |
| $R = 3,29 \cdot 10^{15}$ с ⁻¹ | |
| Радиус первой боровской орбита..... | $a = 5,29 \cdot 10^{-11}$ м |
| Комптоновская длина волны электрона..... | $\lambda_C = 2,43 \cdot 10^{-12}$ м |
| Магнетон Бора..... | $\mu_B = 9,27 \cdot 10^{-24}$ Дж/Тл |
| Энергия ионизации атома водорода..... | $E_i = 2,16 \cdot 10^{-18}$ Дж |
| Атомная единица массы..... | 1 а.е.м. = $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг |
| Ядерный магнетон..... | $\mu_N = 5,05 \cdot 10^{-27}$ Дж/Тл |

УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

На втором семестре студенты должны выполнить 4 работы по электромагнетизму, оптике, атомной и квантовой физике. Лабораторные работы выполняются студентами на кафедре физики под руководством преподавателя. Номера лабораторных работ задаёт преподаватель. Методические указания к лабораторным работам можно брать в эиос в электронной форме или в социальной сети "вконтакте" в группе "кафедра физики МГТУ" (<https://vk.com/club104446909>). Студент должен заранее подготовиться к выполнению лабораторной работы (изучить теорию, разобраться с принципом действия лабораторной установки, усвоить порядок выполнения лабораторной работы). Преподаватель перед выполнением работы проверяет подготовку учащихся (допуск к л/р). (При неудовлетвори-

¹ Молярный объем идеального газа при нормальных условиях.

² Скорость света в вакууме, по данным измерений на 1973г., равна (299792,462±0,018)км/с

тельной подготовке студент не допускается к выполнению измерений). Результаты измерений подписывается преподавателем, при этом преподаватель делает отметку в журнале группы о выполнении студентом соответствующей работы. По факту выполнения каждой работы обучающийся оформляет отчет установленного образца. Защита работы проходит по контрольным вопросам.

Если студент по уважительным причинам пропустил выполнение лабораторной работы или ее защиту, то ликвидировать задолженность можно или во время консультации, или в другое время по договорённости с преподавателем и при наличии у него свободного времени.

Требования по оформлению отчета к лабораторной работе

Оформление отчёта по практикуму важнейший этап лабораторной работы, предшествующий её защите. Отчет необходимо оформлять с предельной аккуратностью. Результаты экспериментальных измерений должны быть занесены в таблицу и подписаны преподавателем. Исправления подписанных значений (даже корректором) недопустимы.

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Название работы.
2. Краткое изложение цели работы.
3. Перечень приборов и оборудования.
4. Схему установки.
5. Краткое изложение теории метода с выводами рабочих формул.
6. Записи результатов экспериментальных измерений и вычислений, представленные в виде таблиц и графиков (в соответствии с заданием, определенном в методической разработке к лабораторной работе) с указанием единиц измерения и погрешностей.
7. Вывод, содержащий значение измеряемой физической величины записанное в общепринятой форме ($x = x_{cp} \pm \Delta x$, ε (%)) и краткие итоги анализа результатов эксперимента (как минимум необходимо оценить достоверность полученных результатов – сравнить с табличными данными, с теорией, с данными других экспериментов, и т. п.).

Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная

1. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. – 19-е и другие ранние изд., стер. – Москва: Академия, 2012, 2010, 2008 – 2004. – 557, [1] с.: ил. – (Высшее профессиональное образование).
2. Курс физики: учеб. пособие для вузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. – 4-е изд., испр. – Москва: Высш. шк., 2002. – 718 с.: ил.
3. Савельев, И. В. Курс физики (в 3 т.). Том 1. Механика. Молекулярная физика [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2017. – 356 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/95163>. – Загл. с экрана.
4. Савельев, И. В. Курс физики (в 3 тт.). Том 2. Электричество. Колебания и волны. Волновая оптика [Электронный ресурс]: учеб. пособие / И.В. Савельев. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 468 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/100927>. – Загл. с экрана.
5. Савельев, И. В. Курс физики (в 3 тт.). Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц: Учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Санкт-Петербург : Лань, 2018. – 308 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98247>. – Загл. с экрана.
6. Задачник по физике: учеб. пособие для вузов / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. – Изд. 8-е, 7-е перераб. и доп. – Москва: Физматлит, 2009, 2006, 2005, 2003, 2001. – 640 с.

Дополнительная

7. Сборник задач по общему курсу физики: для студентов техн. вузов / В. С. Волькенштейн. – Изд. 3-е, испр. и доп. – Санкт-Петербург: Кн. мир, 2005. – 327 с.
8. Савельев, И. В. Сборник вопросов и задач по общей физике [Электронный ресурс]: учеб. пособие / И. В. Савельев. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 292 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103195>. – Загл. с экрана.
9. Иродов, И. Е. Механика. Основные законы [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва: Издательство "Лаборатория знаний", 2017. – 312 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94115>. – Загл. с экрана.
10. Иродов, И. Е. Физика макросистем. Основные законы [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва: Издательство "Ла-

боратория знаний", 2015. – 210 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/84090>. – Загл. с экрана.

11. Иродов, И. Е. Электромагнетизм. Основные законы [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва: Издательство "Лаборатория знаний", 2017. – 322 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94160>. – Загл. с экрана.

12. Иродов, И. Е. Волновые процессы. Основные законы [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва: Издательство "Лаборатория знаний", 2015. – 265 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/66334>. – Загл. с экрана.

13. Иродов, И. Е. Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Москва: Издательство "Лаборатория знаний", 2017. – 261 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94103>. – Загл. с экрана.

14. Иродов, И. Е. Задачи по общей физике: Учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 420 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/99230>. – Загл. с экрана.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1. <http://e.lanbook.com>
2. <http://ito.edu.ru/>
3. <http://window.edu.ru>
4. <http://www.edu.ru>

| | |
|---|---|
| <p>МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"</p> <p>Кафедра морского нефтегазового дела и физики</p> <p>ФИЗИКА <i>Методические указания (2 семестр) для студентов МГТУ специальности БТБ200-1, ГБ200-1, ЭКБ200-1, ТПОБ200-1, ХКТБ200-1, ТМОБ200-1</i></p> <p>Мурманск Издательство МГТУ 2021</p> | <p>УДК 53(076.5) ББК 22.3я7 Б 23</p> <p>Составитель – Сорокин Олег Михайлович, канд. пед. наук, доцент кафедры морского нефтегазового дела и физики</p> <p>Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой 12 января 2021 г., про- токол № 3</p> <p>Рецензент – О. А. Никонов, д-р филос. наук, профессор кафедры морского нефте- газового дела и физики МГТУ</p> <p><i>Электронное издание подготовлено в ав- торской редакции</i></p> <p>Мурманский государственный техниче- ский университет 183010, Мурманск, ул. Спортивная, д. 13, тел. (8152) 25-40-72 Уч.-изд. л. 2,28 Заказ № 2690</p> <p>© Мурманский государственный технический университет, 2021</p> |
|---|---|