Министерство образования и науки Российской Федерации ФГАОУ BПO «Российский государственный профессионально-педагогический университет»

###### Л.В. Гулин, С.В. Анахов

ЗАДАЧИ ПО KУPCУ ФИЗИКИ

Учебно-методическое пособие

*Допущено Научно-методическим Советом по физике Министерства образования и науки Российской Федерации*

*в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим направлениям подготовки и специальностям*

Екатеринбург 2015

###### УДК 53(076.1)(075.8) ББК ВЗя7З-4

Г94

Гулин, Лев Васильевич.

Г94 Задачи по курсу физики: учебно-методическое пособие / Л.В. Гу- лин, С.В. Анахов. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2015. 104 с.

ISBN 978-5-8050-0573-3

Приведены варианты контрольных работ по курсу физики, даны методи- ческие указания к их выполнению, примеры решения типовых задач.

Предназначено студентам, изучающим дисциплины «Физика», «Специаль- ные разделы физики» в соответствии с образовательными программами по направлениям подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям),

* + 1. Прикладная информатика (по отраслям), 09.03.02 Информационные системы и технологии.

###### УДК 53(076.1)(075.8) ББК ВЗя7З-4

Рецензенты: доктор физико-математических наук, профессор И.Г. Kop- шунов (ФГБОУ BПO «Уральский государственный горный университет»); кандидат технических наук, доцент В.И. Житенёв (ФГБОУ BПO «Ураль- ский государственный университет путей сообщения); кандидат техничес- ких наук, доцент А.А. Карпов (ФГАОУ BПO «Российский государствен- ный профессионально-педагогический университет»)

ISBN 978-5-8050-0573-3 с ФГАОУ BПO «Российский

государственный профессионально- педагогический университет», 2015

### Введение

Повышение уровня естественнонаучного образования — логичное тре- бование интенсивного научно-технического прогресса. Максимальное вни- мание должно быть уделено изучению в высших учебных заведениях лю- бого профиля дисциплин, составляющих фундамент современного учения об окружающем мире.

В этом смысле физика занимает особое положение. Именно на ее ос- нове развиваются все направления техники. В недрах физики зародилось большинство основополагающих идей современной химии и биологии. На стыке физики и математики появилась кибернетика. Достижения физики последних десятилетий стимулировали появление новой междисципли- нарной науки — синергетики. Изучение физики расширяет общий кругозор, развивает критический подход к анализу не только явлений живой и нежи- вой природы, но и закономерностей развития общества.

Современная физика как наука является важнейшим достижением общечеловеческой культуры в целом. Постоянное оперирование моделями при изучении физики вырабатывает способность к абстрактному мышле- нию, выделению в том или ином явлении главного, а широкое применение математического аппарата приучает к использованию научных методов. Современный специалист любого профиля встречается в своей практике с большим числом разнообразных механизмов, приборов и методов иссле- дования. Понять принципы действия большинства из них без знания об- щей физики невозможно.

Настоящий сборник задач поможет студентам овладеть приемами и методами решения конкретных задач из различных областей физики.



### ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

## Самостоятельная работа студента

Учебная работа студента по курсу физики складывается из работы на установочных лекциях и практических занятиях во время лабораторно-эк- заменационной сессии и решения задач контрольной работы в ходе само- стоятельного изучения курса в межсессионный период.

Самостоятельное изучение курса физики следует проводить по учеб- ным пособиям и учебникам, обозначенным в библиографическом списке [1— 13]. Справочные материалы, необходимые при решении задач, приведены в приложении.

## Выполнение контрольной работы

При изучении курса физики студенты в зависимости от специализа- ции выполняют от одной до четырех контрольных работ. В каждой из них необходимо решить восемь задач того варианта, номер которого совпадает с последней цифрой шифра зачетной книжки студента. Номера задач для каждого варианта приведены в табл. 1.1—1.10.

Таблица 1.1

Номера задач контрольной работы для студентов, выполняющих одну контрольную работу

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Номер задачи | | | | | | | |
| 0 | 110 | 130 | 230 | 260 | 310 | 370 | 410 | 450 |
| 1 | 101 | 121 | 221 | 251 | 301 | 361 | 401 | 441 |
| 2 | 102 | 122 | 222 | 252 | 302 | 362 | 402 | 442 |
| 3 | 103 | 123 | 223 | 253 | 303 | 363 | 403 | 443 |
| 4 | 104 | 124 | 224 | 254 | 304 | 364 | 404 | 444 |
| 5 | 105 | 125 | 225 | 255 | 305 | 365 | 405 | 445 |
| 6 | 106 | 126 | 226 | 256 | 306 | 366 | 406 | 446 |
| 7 | 107 | 127 | 227 | 257 | 307 | 367 | 407 | 447 |
| 8 | 108 | 128 | 228 | 258 | 308 | 368 | 408 | 448 |
| 9 | 109 | 129 | 229 | 259 | 309 | 369 | 409 | 449 |

Таблица 1.2

Номера задач контрольной работы № 1 для студентов, выполняющих две контрольные работы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Номер задачи | | | | | | | |
| 0 | 110 | 130 | 150 | 170 | 220 | 240 | 250 | 280 |
| 1 | 101 | 121 | 141 | 161 | 211 | 231 | 241 | 271 |
| 2 | 102 | 122 | 142 | 162 | 212 | 232 | 242 | 272 |
| 3 | 103 | 123 | 143 | 163 | 213 | 233 | 243 | 273 |
| 4 | 104 | 124 | 144 | 164 | 214 | 234 | 244 | 274 |
| 5 | 105 | 125 | 145 | 165 | 215 | 235 | 245 | 275 |
| 6 | 106 | 126 | 146 | 166 | 216 | 236 | 246 | 276 |
| 7 | 107 | 127 | 147 | 167 | 217 | 237 | 247 | 277 |
| 8 | 108 | 128 | 148 | 168 | 218 | 238 | 248 | 278 |
| 9 | 109 | 129 | 149 | 169 | 219 | 239 | 249 | 279 |

Таблица 1.3 Номера задач контрольной работы № 2 для студентов,

выполняющих две контрольные работы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Номер задачи | | | | | | | |
| 0 | 310 | 330 | 350 | 380 | 410 | 440 | 450 | 470 |
| 1 | 301 | 321 | 341 | 371 | 401 | 431 | 441 | 461 |
| 2 | 302 | 322 | 342 | 372 | 402 | 432 | 442 | 462 |
| 3 | 303 | 323 | 343 | 373 | 403 | 433 | 443 | 463 |
| 4 | 304 | 324 | 344 | 374 | 404 | 434 | 444 | 464 |
| 5 | 305 | 325 | 345 | 375 | 405 | 435 | 445 | 465 |
| 6 | 306 | 326 | 346 | 376 | 406 | 436 | 446 | 466 |
| 7 | 307 | 327 | 347 | 377 | 407 | 437 | 447 | 467 |
| 8 | 308 | 328 | 348 | 378 | 408 | 438 | 448 | 468 |
| 9 | 309 | 329 | 349 | 379 | 409 | 439 | 449 | 469 |

Таблица 1.4

Номера задач контрольной работы № 1 для студентов, выполняющих три контрольные работы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Номер задачи | | | | | | | |
| 0 | 110 | 130 | 140 | 160 | 210 | 230 | 240 | 250 |
| 1 | 101 | 121 | 131 | 151 | 201 | 221 | 231 | 241 |
| 2 | 102 | 122 | 132 | 152 | 202 | 222 | 232 | 242 |
| 3 | 103 | 123 | 133 | 153 | 203 | 223 | 233 | 243 |
| 4 | 104 | 124 | 134 | 154 | 204 | 224 | 234 | 244 |
| 5 | 105 | 125 | 135 | 155 | 205 | 225 | 235 | 245 |
| 6 | 106 | 126 | 136 | 156 | 206 | 226 | 236 | 246 |
| 7 | 107 | 127 | 137 | 157 | 207 | 227 | 237 | 247 |
| 8 | 108 | 128 | 138 | 158 | 208 | 228 | 238 | 248 |
| 9 | 109 | 129 | 139 | 159 | 209 | 229 | 239 | 249 |

Таблица 1.5 Номера задач контрольной работы № 2 для студентов,

выполняющих три контрольные работы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Номер задачи | | | | | | | |
| 0 | 260 | 270 | 280 | 310 | 320 | 340 | 360 | 380 |
| 1 | 251 | 261 | 271 | 301 | 311 | 331 | 351 | 371 |
| 2 | 252 | 262 | 272 | 302 | 312 | 332 | 352 | 372 |
| 3 | 253 | 263 | 273 | 303 | 313 | 333 | 353 | 373 |
| 4 | 254 | 264 | 274 | 304 | 314 | 334 | 354 | 374 |
| 5 | 255 | 265 | 275 | 305 | 315 | 335 | 355 | 375 |
| 6 | 256 | 266 | 276 | 306 | 316 | 336 | 356 | 376 |
| 7 | 257 | 267 | 277 | 307 | 317 | 337 | 357 | 377 |
| 8 | 258 | 268 | 278 | 308 | 318 | 338 | 358 | 378 |
| 9 | 259 | 269 | 279 | 309 | 319 | 339 | 359 | 379 |

Таблица 1.6

Номера задач контрольной работы № 3 для студентов, выполняющих три контрольные работы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Номер задачи | | | | | | | |
| 0 | 410 | 420 | 430 | 440 | 450 | 460 | 470 | 490 |
| 1 | 401 | 411 | 421 | 431 | 441 | 451 | 461 | 481 |
| 2 | 402 | 412 | 422 | 432 | 442 | 452 | 462 | 482 |
| 3 | 403 | 413 | 423 | 433 | 443 | 453 | 463 | 483 |
| 4 | 404 | 414 | 424 | 434 | 444 | 454 | 464 | 484 |
| 5 | 405 | 415 | 425 | 435 | 445 | 455 | 465 | 485 |
| 6 | 406 | 416 | 426 | 436 | 446 | 456 | 466 | 486 |
| 7 | 407 | 417 | 427 | 437 | 447 | 457 | 467 | 487 |
| 8 | 408 | 418 | 428 | 438 | 448 | 458 | 468 | 488 |
| 9 | 409 | 419 | 429 | 439 | 449 | 459 | 469 | 489 |

Таблица 1.7 Номера задач контрольной работы № 1 для студентов,

выполняющих четыре контрольные работы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Номер задачи | | | | | | | |
| 0 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 |
| 1 | 101 | 111 | 121 | 131 | 141 | 151 | 161 | 171 |
| 2 | 102 | 112 | 122 | 132 | 142 | 152 | 162 | 172 |
| 3 | 103 | 113 | 123 | 133 | 143 | 153 | 163 | 173 |
| 4 | 104 | 114 | 124 | 134 | 144 | 154 | 164 | 174 |
| 5 | 105 | 115 | 125 | 135 | 145 | 155 | 165 | 175 |
| 6 | 106 | 116 | 126 | 136 | 146 | 156 | 166 | 176 |
| 7 | 107 | 117 | 127 | 137 | 147 | 157 | 167 | 177 |
| 8 | 108 | 118 | 128 | 138 | 148 | 158 | 168 | 178 |
| 9 | 109 | 119 | 129 | 139 | 149 | 159 | 169 | 179 |

Таблица 1.8

Номера задач контрольной работы № 2 для студентов, выполняющих четыре контрольные работы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Номер задачи | | | | | | | |
| 0 | 210 | 220 | 230 | 240 | 250 | 260 | 270 | 280 |
| 1 | 201 | 211 | 221 | 231 | 241 | 251 | 261 | 271 |
| 2 | 202 | 212 | 222 | 232 | 242 | 252 | 262 | 272 |
| 3 | 203 | 213 | 223 | 233 | 243 | 253 | 263 | 273 |
| 4 | 204 | 214 | 224 | 234 | 244 | 254 | 264 | 274 |
| 5 | 205 | 215 | 225 | 235 | 245 | 255 | 265 | 275 |
| 6 | 206 | 216 | 226 | 236 | 246 | 256 | 266 | 276 |
| 7 | 207 | 217 | 227 | 237 | 247 | 257 | 267 | 277 |
| 8 | 208 | 218 | 228 | 238 | 248 | 258 | 268 | 278 |
| 9 | 209 | 219 | 229 | 239 | 249 | 259 | 269 | 279 |

Таблица 1.9 Номера задач контрольной работы № 3 для студентов,

выполняющих четыре контрольные работы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Номер задачи | | | | | | | |
| 0 | 310 | 320 | 330 | 340 | 350 | 360 | 370 | 380 |
| 1 | 301 | 311 | 321 | 331 | 341 | 351 | 361 | 371 |
| 2 | 302 | 312 | 322 | 332 | 342 | 352 | 362 | 372 |
| 3 | 303 | 313 | 323 | 333 | 343 | 353 | 363 | 373 |
| 4 | 304 | 314 | 324 | 334 | 344 | 354 | 364 | 374 |
| 5 | 305 | 315 | 325 | 335 | 345 | 355 | 365 | 375 |
| 6 | 306 | 316 | 326 | 336 | 346 | 356 | 366 | 376 |
| 7 | 307 | 317 | 327 | 337 | 347 | 357 | 367 | 377 |
| 8 | 308 | 318 | 328 | 338 | 348 | 358 | 368 | 378 |
| 9 | 309 | 319 | 329 | 339 | 349 | 359 | 369 | 379 |

Таблица 1.10

Номера задач контрольной работы № 4 для студентов, выполняющих четыре контрольные работы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Номер задачи | | | | | | | |
| 0 | 410 | 420 | 430 | 440 | 450 | 460 | 470 | 480 |
| 1 | 401 | 411 | 421 | 431 | 441 | 451 | 461 | 471 |
| 2 | 402 | 412 | 422 | 432 | 442 | 452 | 462 | 472 |
| 3 | 403 | 413 | 423 | 433 | 443 | 453 | 463 | 473 |
| 4 | 404 | 414 | 424 | 434 | 444 | 454 | 464 | 474 |
| 5 | 405 | 415 | 425 | 435 | 445 | 455 | 465 | 475 |
| 6 | 406 | 416 | 426 | 436 | 446 | 456 | 466 | 476 |
| 7 | 407 | 417 | 427 | 437 | 447 | 457 | 467 | 477 |
| 8 | 408 | 418 | 428 | 438 | 448 | 458 | 468 | 478 |
| 9 | 409 | 419 | 429 | 439 | 449 | 459 | 469 | 479 |

Перед выполнением контрольной работы следует изучить примеры решения задач, представленные в разделе 2. Решение задач проводится в той же последовательности, что и в примерах, т. е. записываются основ- ные законы и формулы, использующиеся в задаче, с разъяснением буквен- ных обозначений. В тех задачах, в которых используются векторные вели- чины или приведены схемы механических устройств, электрических це- пей, необходимо сделать поясняющий рисунок. Задача решается в общем виде. Для этого выводится рабочая формула, в которой через буквенные обозначения величин, заданных в условии задачи, определяется искомая физическая величина. После получения рабочей формулы в нее подстав- ляются числовые значения величин в системе единиц СИ. Для упрощения расчетов числовые значения величин следует представлять в виде деся- тичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой и соответствующей степенью десяти. Например, вместо 432000 и 0,00523 надо записать, соот- ветственно, 4,32 105 и 5,23 10° 3

Решения задач контрольной работы записываются в тетрадь. Обяза-

тельно полное изложение условия каждой задачи. Контрольная работа вы- сылается студентами-заочниками в деканат не позже чем за 20 дней до на-

чала экзаменационной сессии. Если студент не успел выслать контрольную работу в срок, он привозит ее с собой на сессию, регистрирует в деканате и сдает на кафедру физики. В этом случае время проверки контрольной ра- боты может превышать 7 дней.

Проверенную контрольную работу студент получает в деканате во время сессии, исправляет ошибки, если они есть, и защищает перед препо- давателем результаты решения задач. Успешно защищенная контрольная работа засчитывается с отметкой в экзаменационной ведомости.

## Выполнение лабораторных работ

Целями лабораторных работ являются закрепление знания основных законов физики, получение навыков работы с измерительными приборами, изучение методов обработки результатов измерений, формирование умений правильно представлять результаты эксперимента и делать из него выводы.

На лабораторную работу выделяется четыре часа. В течение первых двух часов изучаются теоретические вопросы, методика выполнения рабо- ты и проводятся измерения. В остальное время осуществляется обработка результатов измерений, оформляется отчет, который защищается перед преподавателем, ведущим лабораторную работу. Лабораторная работа счи- тается выполненной, если студент провел измерения, составил отчет и ус- пешно защитил его.

Методика выполнения лабораторной работы, теоретическая инфор- мация по изучаемому физическому явлению, порядок оформления отчета и контрольные вопросы изложены в методических указаниях к лаборатор- ной работе, которые выдаются студенту в лаборатории или в читальном зале библиотеки университета.

Перед выполнением лабораторной работы студенту нужно пройти инструктаж по технике безопасности. Разрешение на выполнение измере- ний дает преподаватель или лаборант.

### Сдача экзамена и зачета

Изучение физики в каждом семестре заканчивается сдачей экзамена или зачета. Вид отчетности определяется учебным планом и зависит от спе- циализации, формы и сроков обучения.

Необходимое условие допуска студента к сдаче экзамена или заче- та — выполнение всех контрольных мероприятий и лабораторных работ. Для студентов-заочников обязательным является собеседование с препода- вателем, проверяющим контрольную работу. Только при положительном результате собеседования студент получает зачет по контрольной работе и допускается к сдаче семестрового экзамена или зачета.

Экзамены и зачеты проводятся по расписанию во время лаборатор- но-экзаменационной сессии. По нормам высшей школы на экзамен выде- ляется целый день, на зачет — половина рабочего дня.

Экзамены принимаются по билетам или тестам, утвержденным заве- дующим кафедрой. В билете, как правило, имеется два теоретических во- пpoca и задача. Перечень теоретических вопросов комплекта билетов co- общается или выдается студентам на установочной сессии. Студенты, по- казавшие отличные и хорошие знания при защите контрольных работ, oc- вобождаются от решения задачи на экзамене. Студенты, отлично выпол- нившие контрольные работы, по представлению преподавателя могут быть освобождены заведующим кафедрой от экзамена с проставлением в экза- менационную ведомость оценки «отлично». Список таких студентов сооб- щается учебной группе перед началом экзамена или зачета.

Зачет может приниматься по усмотрению преподавателя по билетам, тестам или по результатам выполнения контрольной работы.

* + - 1. **ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ**

## Механика

*Прнмер 1.* Эскалатор поднимает идущего по нему вверх человека за I = 1 мин. Если человек будет идти вдвое быстрее, то он поднимется за

/, = 45 с. Сколько времени будет подниматься человек, стоящий на эскалаторе? *Решение.* Пусть искомое время равно /; расстояние, которое человек проезжает на эскалаторе, равно s, а скорость движения эскалатора равна v.

При равномерном движении эти величины связаны соотношением



Аналогичные соотношения могут быть записаны для / и /2:

'1 Vi '

(2)



Скорости vi и v можно найти следующим образом:

(4)

v = v + 2vo (5)

где vo — скорость движения человека относительно эскалатора в случае,

###### когда время подъема равно ›і.

Подставляя соотношения (4) и (5) в формулы (2) и (3), получим



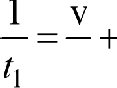
V -1- V

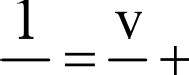
'2 v + 2vo

(6)

###### (7)

Перепишем соотношения (6) и (7) в виде



2vo

Введем обозначение *х ——* vo / s. Тогда с учетом соотношения (1) полу- чим систему уравнений

1 1

'1 '

1 1

'2 '

2x.

(8)

(9)

Почленное вычитание уравнения (8) из уравнения (9) дает

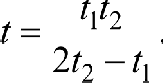
1 1

'2 '1

Подставляя х в уравнение (8), получим

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| '1 | ' | '2 | '1 |

После преобразований получим выражение



Выразив /, в секундах, находим

/ = 60 45 = 90 с.

2 45 — 60

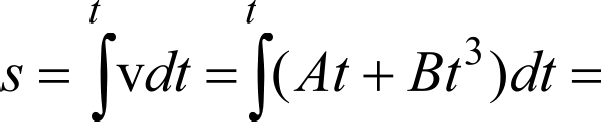
*Мример 2.* Скорость тела, движущегося прямолинейно, меняется по закону v = *At + В/',* где *А I* м/с'; *В ——* 3 м/с4. Чему будет равно ускорение тела к моменту времени, когда оно пройдет расстояние s = 14 м?

*Решение.* Ускорение есть производная от скорости по времени:

*а —— dv —— А+* ЗВ/'.

dt

Время / находим, используя соотношение

*At’* + *B/ 4*

(2)

0 0 2 4

Введем обозначение *z ——* I' и, используя исходные данные, запишем соотношение (2) в виде

14 

2 4

После преобразований получим уравнение

3z' + 2z — 56 = 0. 

Решение уравнения (3) дает

—2 + 4 + 4 3 56

6

= 4 c2 ,



*Z* —2 — 4 + 4 3 56 = 4, 7 с'.

*2* 6

Значение z2 должно быть отброшено, так как в соответствии с вве- денным обозначением *z* > 0. Подставляя *z ——* 4 с' в уравнение (1), находим

*а ——* 1 + 3- 3- 4 = 37 м/с'.

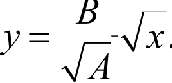
*Мример 3.* Траектория движения материальной точки задается урав- нениями х = *At , у —— Bt,* где *А ——* 4 м/с'; *В ——* 2 м/с. Радиус кривизны траекто- рии через промежуток времени / = 1 с после начала движения равен Л = 17 м. Определить полное ускорение точки в этот момент времени. Построить траекторию движения за первые две секунды.

*Решение.* Уравнение траектории задано в параметрическом виде:

*х At , *

*у —— Bt.* (2)

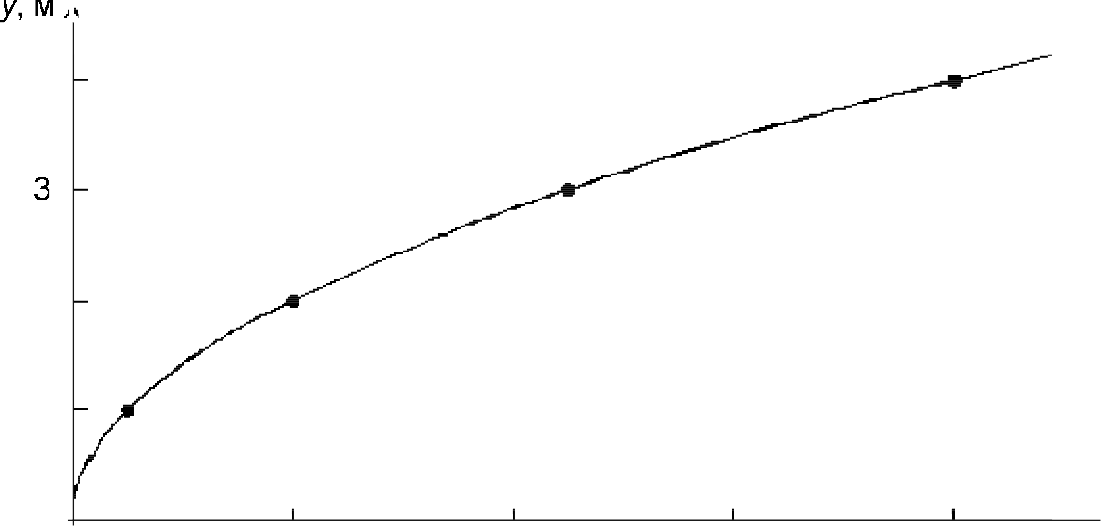
Чтобы получить уравнение траектории в явном виде, исключим вре- мя из уравнений (1) и (2):



Полученное выражение представляет собой уравнение верхней ветви параболы, ось которой направлена вдоль оси х. Для построения траектории найдем по уравнениям (1) и (2) значения х и у в моменты времени, взятые с интервалом 0,5 с (таблица).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| /, с |  | *У•* м |
| 0,0 | 0 | 0 |
| 0,5 |  | i |
| 1,0 | 4 | 2 |
| 1,5 | 9 | 3 |
| 2,0 | 16 | 4 |

Траектория движения точки представлена на рис. 2.1.

4

###### 2

1

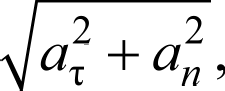
0

4 8 12

Рис. 2.1

16 х, м

Полное ускорение определяется по формуле

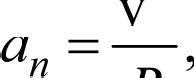
а —— 

где п, и п, — тангенциальное и нормальное ускорения соответственно.

Эти ускорения находим по формулам



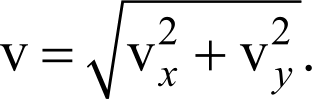
*“ dt*



где v — модуль вектора скорости точки, определяемый по формуле

(4)

(5)

(6)

В свою очередь, vq и v — проекции вектора скорости на оси z и у — вычисляются по формулам

V *dx =* 2At,

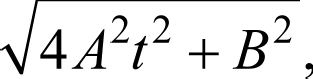
*dt*

v = *dy dt*

(7)

###### (8)

Подставляя уравнения (7) и (8) в (6), получим

 (9)

а затем в соответствии с формулой (4) находим

4Л2/ 4 42 1

4Л2/ + *B2* 4 4' 12 + 2'

= 7, 76 м/с2 .

(10)

Вычисления по формуле (9) дают значение модуля скорости, равное v = 8,25 м/с, что после подстановки в уравнение (5) позволяет определить нормальное ускорение:

\* — 17 = 4 м/с'.

Подставляя результаты вычислений по формулам (10) и (11) в выра- жение (4), находим полное ускорение:

п = 7673,

2 + 42 = 8, 73 м/с2 .

*Пример 4.* Шайба лежит на платформе, вращающейся вокруг верти- кальной оси. Расстояние от шайбы до оси вращения равно Л = 2 м. При частоте вращения п = 9 об/мин шайба начинает скользить по платформе. Определить коэффициент трения шайбы о платформу.

*Решение.* На шайбу действуют три силы (рис. 2.2): сила тяжести *mg ,*

сила нормальной реакции опоры *N* и сила трения *Fp .*

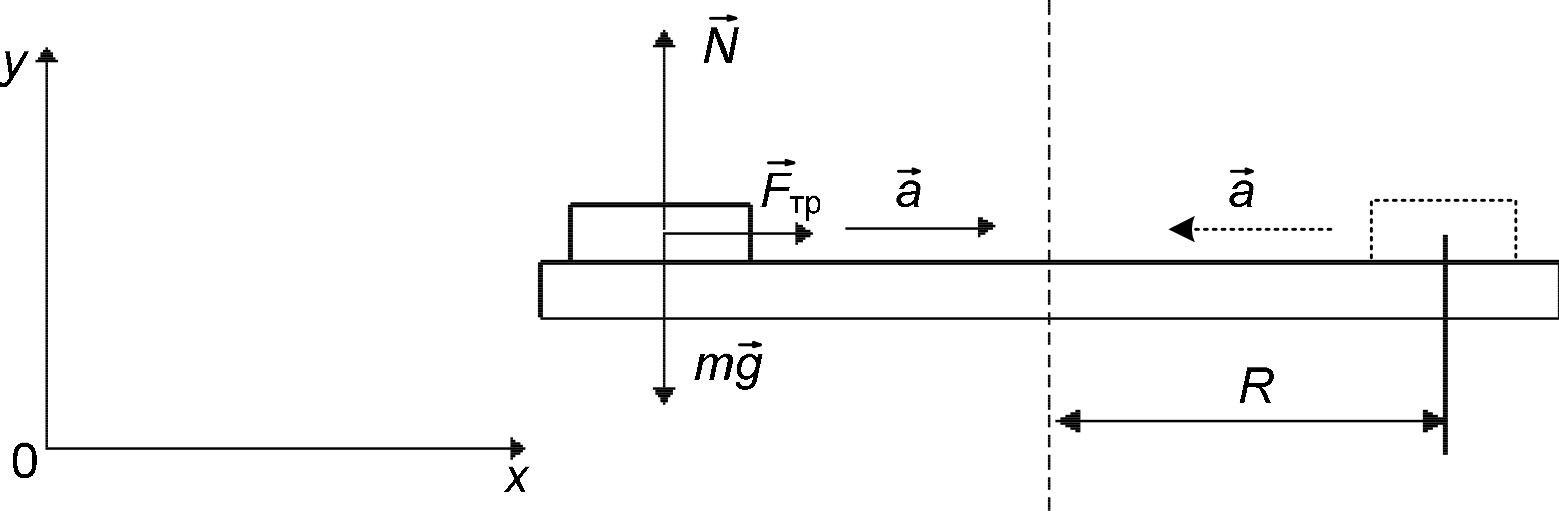


Рис. 2.2

Запишем уравнение движения шайбы (второй закон Ньютона) снача- ла в векторной форме:

*mg + N + Fp —— та ,*

затем в проекциях на оси Ох:

*Fmp' Ша*



*N —— mg.*



(2)

Оставаясь неподвижной относительно платформы, шайба вместе с тем движется с ускорением, которое является центростремительным и опреде- ляется по формуле

*а ——* V

где v — линейная скорость шайбы.

Модуль силы трения вычисляется по формуле



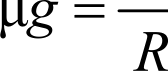
где g — коэффициент трения.

Перепишем формулу (4) с учетом уравнения (2):



а уравнение (1) — с учетом формул (3) и (5):

v 2



Линейная скорость связана с частотой вращения соотношением



Подставляя уравнение (7) в формулу (6), имеем

*цg ——* 4n Лл .

###### (4)

(5)

(6)

###### (7)

После преобразований и подстановки исходных данных в системе СИ получим

4 'Лп' 4 ' 2 9' = 0,18.

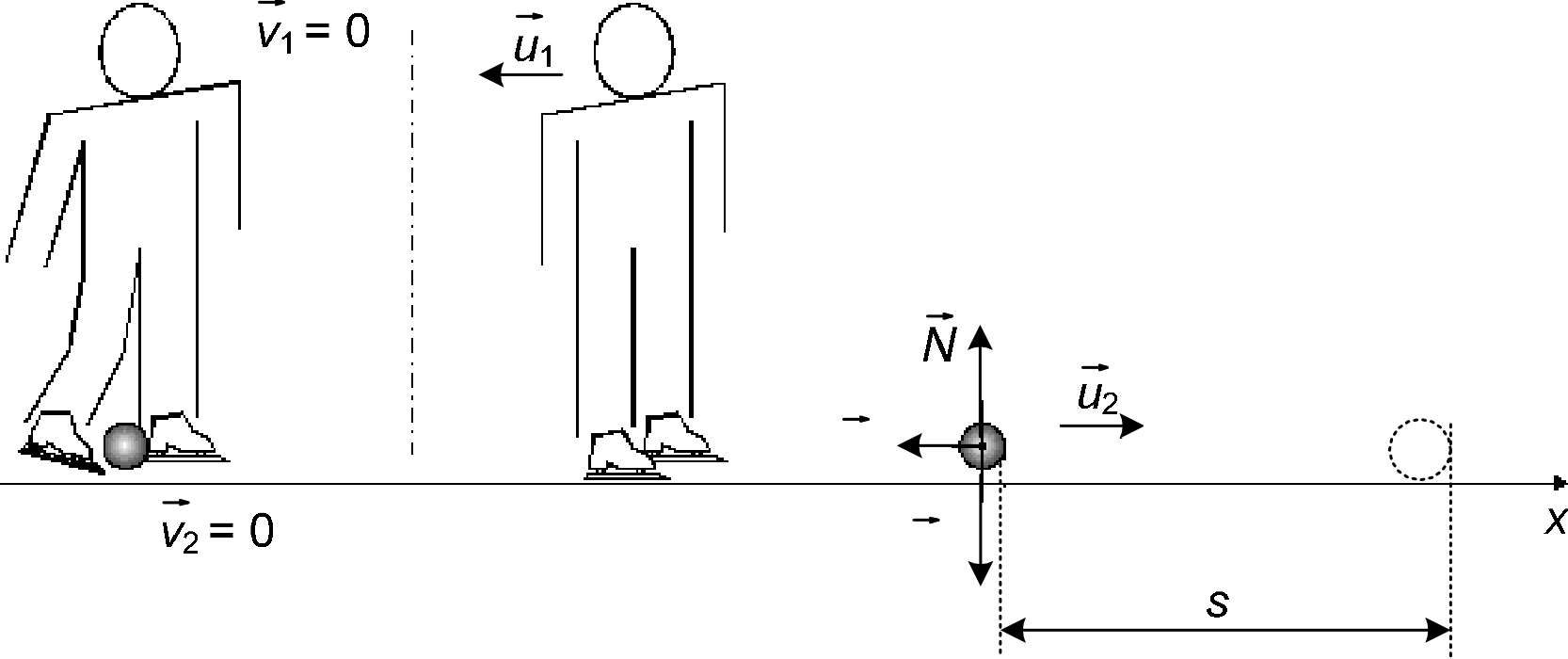
' *g* 9,8 60'

*Мример 5.* Конькобежец массой ml, стоя на льду, толкает в горизон- тальном направлении камень массой ш, = 5 кг и откатывается назад со ско- ростью зі = 0,3 м/с относительно земли. Коэффициент трения камня о лед

равен g = 0,06; расстояние, на которое переместился камень, равно s = 15 м. Определить массу конькобежца.

*Решение.* Конькобежец и камень составляют замкнутую систему (рис. 2.3), для которой выполняется закон сохранения импульса

1V1+ ’2 Vq 1 1+ ’2 2 

Левая часть уравнения (1) представляет собой импульс системы «конь- кобежец — камень» до толчка, когда камень и конькобежец покоились; пра- вая — после толчка.

*F тp*

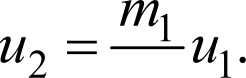
m2g

Рис. 2.3

Запишем уравнение (1) в проекциях на горизонтальную ось:



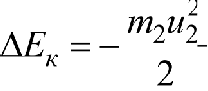
и получим выражение для модуля скорости камня после броска:

 (2)

При движении камня по льду на него действуют три силы: сила тя- жести *mg ,* сила нормальной реакции опоры *N* и сила трения *Fp .* Первые две силы перпендикулярны к направлению движения и работы не совер- шают, поэтому работа всех сил будет равна работе силы трения:

*А ———цт s.*

Изменение кинетической энергии камня в процессе торможения по- сле броска составит



Используя теорему о кинетической энергии, получим

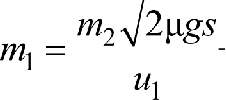
2

Переписав формулу (3) с учетом выражения (2) как

2 2

 1

получим выражение для расчета искомой величины:



После подстановки исходных данных имеем

*т* 5 2 0,06 9,8 15

= 70 кг.

1 0,3

*Мример 6.* Нерастяжимая тонкая гибкая нить одним концом закреп- лена так, как показано на рис. 2.4, затем перекинута через невесомый под- вижный блок и через неподвижный блок в виде сплошного диска массой *т ——* 6 кг. К подвижному блоку подвешен груз массой *т —— S* кг, ко второму концу нити подвешен груз массой m = 10 кг.

Определить: 1) скорости поступательного движения грузов v и v„ ког- да они, будучи предоставленными самим себе, придут в движение и пра- вый груз опустится на высоту *h ——* 3,5 м; 2) ускорения m и п , с которыми будут двигаться грузы; 3) силы натяжения нити. Трением, массой нити и мас- сой подвижного блока можно пренебречь.

*Решение.* На тела системы действуют консервативные силы тяжести и упругости, поэтому выполняется закон сохранения механической энергии:

Ј ю2+ *mcv i* + *m2v$*

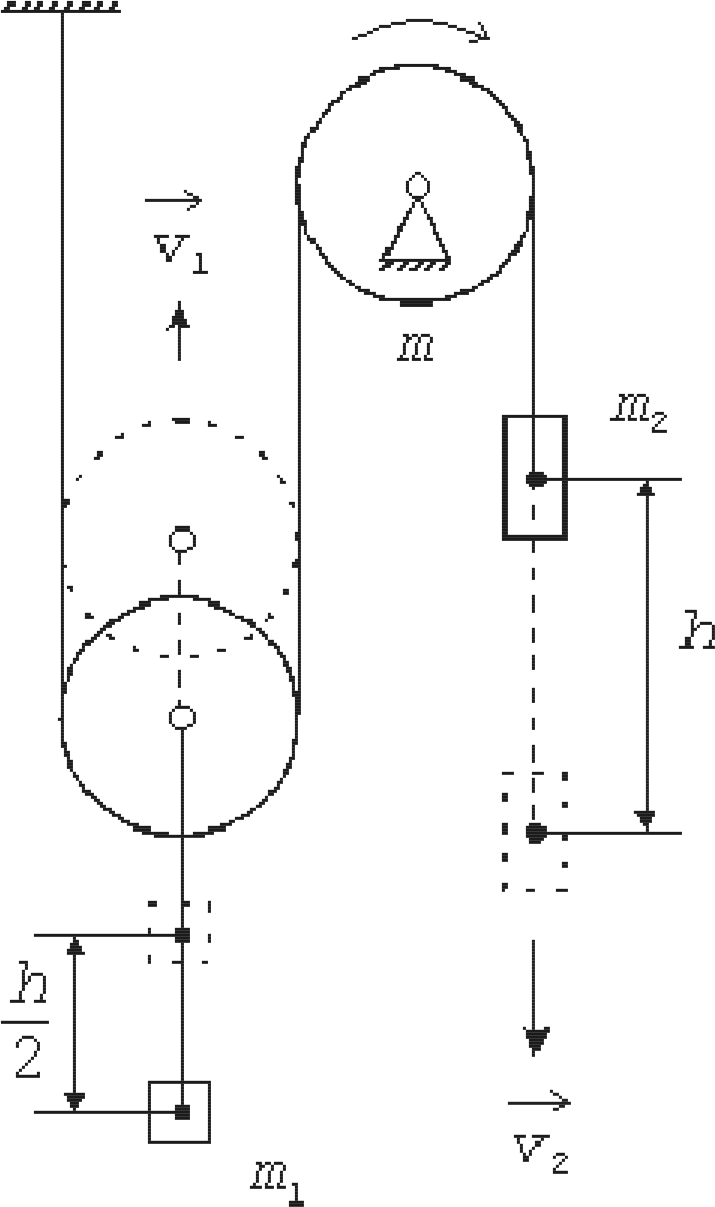
  

*h — m h*



2 2 2 *• •z g ix* 2'

где ю — угловая скорость неподвижного блока; J— момент инерции неподвижного блока.



Очевидно, что

Рис. 2.4

###### vз

2

(2)

Скорость поступательного движения правого груза совпадает с ли- нейной скоростью точек, лежащих на ободе неподвижного блока, поэтому

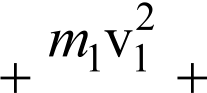
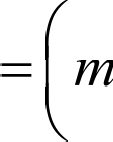


где Л — радиус неподвижного блока.

Момент инерции блока в виде сплошного диска определяется по формуле

###### 2

Перепишем уравнение (1) с учетом формул (2) — (4):

V2 Vj V2

(4)

2 2

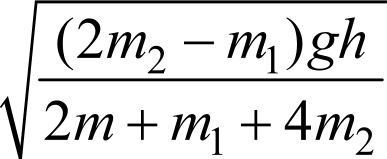
*gh.*

 8 2 ' 2

После преобразований получим

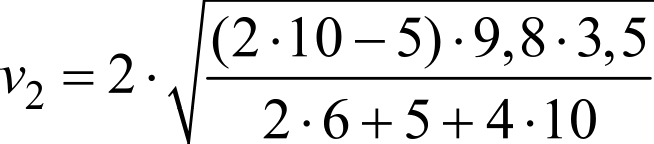
v2 = 2

(2ш — *т )gh*

2m + *mi +* 4m

(5)

Подставляя исходные данные в формулу (5), найдем скорость v :

2 10 — 5) 9,8 3,5

2 6 + 5 + 4 10

= 6 м/с ,

а затем по формуле (2) вычислим vi.

###### 6

' 2

Ускорение второго груза найдем по формуле

*а* v2 6' = 5,14 м/с2

*2* 2h 2 3,5

Очевидно, что ускорение первого груза будет вдвое меньше:

*а* 5,14 = 2,57 м/с'.

2

(6)

###### (7)

Рассмотрим силы, действующие на тела системы (рис. 2.5). На пер- вый груз действуют силы натяжения нити Гі и *Т ,* а также сила тяжести *mcg .*

На второй груз действуют сила тяжести ш g и сила натяжения нити 32 .

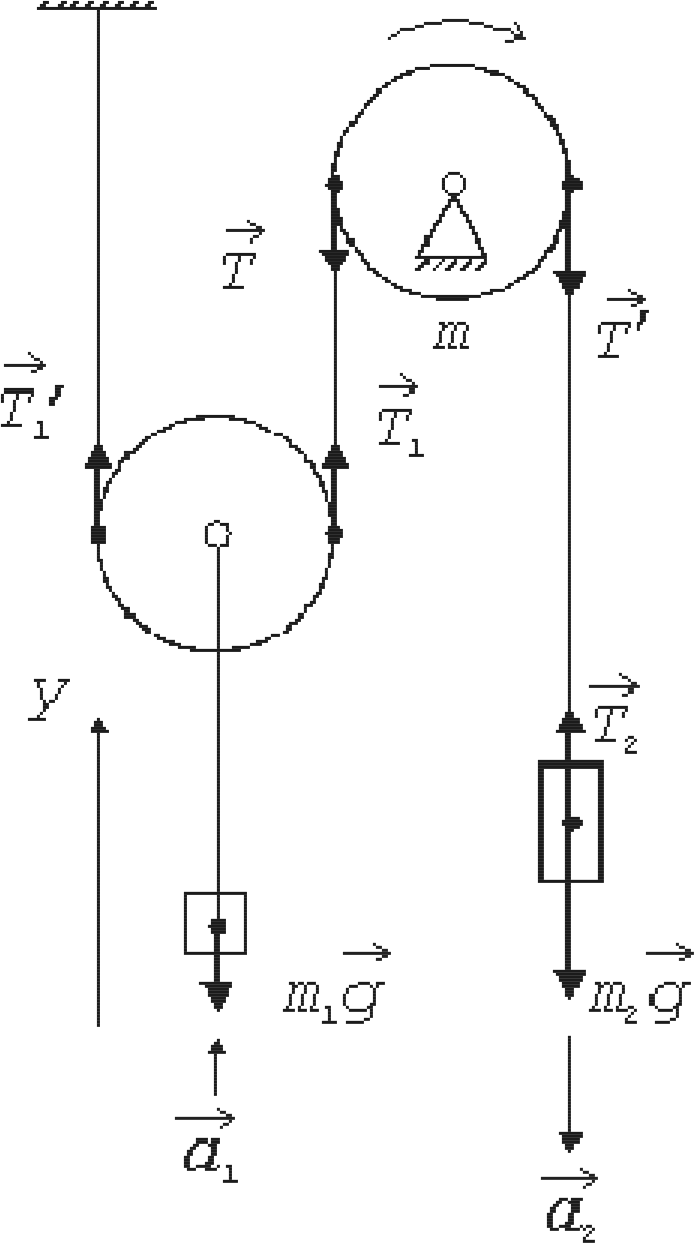
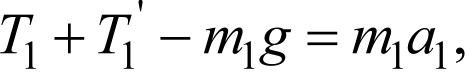


Рис. 2.5

Направим ось у вертикально вверх и напишем для каждого груза уравнение движения (второй закон Ньютона) в проекциях на эту ось.

Для первого груза:



для второго груза:

*—Tz + т —— mz az.* (9)

Момент сил Г и *Т* относительно оси подвижного блока равен ну-

лю, так как блок невесомый. Из этого следует, что Г = *Т'* и уравнение (8) может быть переписано в виде

‘1 *g + •*

2

Найдем *T с* учетом равенства (7):

 (9,8 + 2,57) = 30,9 Н.

2

Выразим *Tz нз* уравнения (9) и найдем с учетом равенства (6):

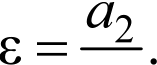
(10)

*T ——(g — az) ——* 10 (9,8 — 5,14) = 46,6 Н. (11)

Под действием сил *Т* и *Т’* неподвижный блок будет вращаться по часовой стрелке с угловым ускорением в. Согласно основному закону ди- намики вращательного движения

(12)

Угловое ускорение в связано с ускорением второго груза п и ради- усом неподвижного блока Л соотношением



Подстановка формул (4) и (13) в выражение (12) приводит после co- кращения на Л к уравнению

*т ' —т —— та2*

2

Это уравнение нужно лишь для проверки правильности ранее най- денных значений *T* и *T ,* так как согласно третьему закону Ньютона с уче- том невесомости нити имеем

*Т' —— Т ——* 46,6 Н,

*Т ——* i i 30,9 Н.

*Мример 7.* Горизонтальная платформа в виде сплошного диска мас- сой *т ——* 200 кг вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр, с частотой п = 8,5 об/мин. Человек массой m стоит при этом в цен- тре платформы. Когда человек перешел на край платформы, она стала вращаться с частотой п' = 5 об/мин. Найти массу человека, считая его ма- териальной точкой.

*Решение.* Человек и платформа представляют собой замкнутую сис- тему тел, вращающихся вокруг одной и той же неподвижной оси. Для та- кой системы справедлив закон сохранения момента импульса



где Ј и Ј{ — моменты инерции платформы до и после перехода человека соответственно;

Ј и J2 — моментьІ инерции человека до и после перехода соответственно;

ю — угловая скорость платформы и человека до перехода;

ю' — угловая скорость платформы и человека после перехода. Угловые скорости связаны с частотой вращения соотношениями

 (2)

ш' = 2пп'.

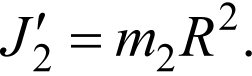
Момент инерции платформы (сплошного диска) определяется по формуле

###### (4)

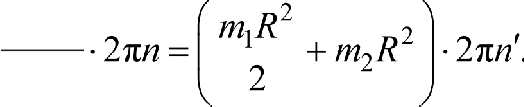
2

где Л — радиус платформы.

Очевидно, что i i Ј) . Момент инерции человека (материальной точ- ки), находящегося на краю платформы, определяется по формуле



Момент инерции человека, стоящего в центре платформы, равен Ј = 0. С учетом этого, а также принимая во внимание формулы (2) — (5), перепи- шем уравнение (1) в виде

*m i Я*

*2*

2

После сокращений на общие множители и перегруппировки членов

получим

###### *т* mc(п — п')

2 2п'

(6)

Подстановка исходных данных в формулу (6) дает

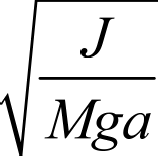
200 (8,5 —

‘2 2 5

= 70 кг.

*Мример 8.* Однородный стержень длиной *L ——* 1 м совершает колеба- ния в вертикальной плоскости относительно оси, проходящей через точку, расположенную на расстоянии *d ——* 0,25 м от его верхнего конца. Опреде- лить период колебаний стержня.

*Решение.* Колеблющийся однородный стержень является физическим ма- я~~іни~~ком (рис. 2.6), период колебания Гкоторого рассчитьІвается по формуле

*Т =* 2и

*Mga*

где J— момент инерции маятника относительно оси вращения;

*M—* масса маятника;

*g —* ускорение свободного падения;

*а —* расстояние от оси вращения до центра масс колеблющегося тела (маятника).

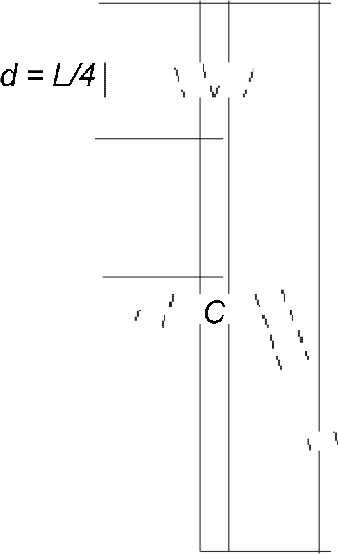
Момент инерции маятника определяется по теореме Штейнера:

*Ј Jc + ЛЬ’*

где с — момент инерции стержня относительно оси, параллельной оси

вращения и проходящей через центр масс стержня;

*b —* расстояние между данными осями.

' ,

*b —— а —— L/4*

*“ L*

f

f /

f /

f f

Рис. 2.6

Так как расстояние *b* от оси вращения до центра стержня, являюще— гося его центром масс, равно 0,25L, то момент инерции маятника относи- тельно оси вращения

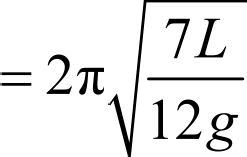
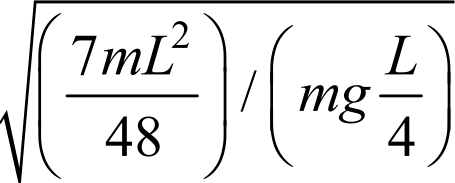
*mL’ L 2* 7mL' Ј = + ш — =

12 4 48

а период колебания

*Т =* 2и

7 *L' mg L* 7L

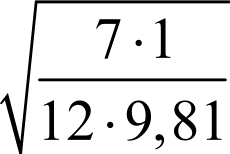
48 4 l2g

*—*

С учетом длины стержня период его колебания

*Т =* 2и

7 1

12 9,81

= 1,53 с.

## Молекулярная физика

*Пример 1.* Определить число молекул в I мм воды и массу одной мо- лекулы воды.

*Решение.* Число *N* молекул, содержащихся в массе ш вещества, имею- щего молярную массу ц, равно числу Авогадро НA, умноженному на число молей v= m/ц:

N —— — Н A .

Macca вещества определяется как m = pU, следовательно,

*N ——* Н A ,

где р — плотность воды.

После подстановки числовых значений в последнюю формулу имеем

*N ——*

103 1039

- 6, 0-2

18 1033

1023

= 3,34- 1019

молекул.

Массу *то* одной молекулы воды можно определить, разделив массу одного моля на число Авогадро:

р 18 1033



= 2,99

6 кг.

НA' 6, 02 1023

10"

*Мример 2.* Найти среднюю кинетическую энергию ( вр) вращатель- ного движения молекулы водорода при температуре t° = 27 °С и кинети- ческую энергиЮ Лвр вращательного движения всех молекул водорода мас- сой ш = 2 г.

*Решение.* В соответствии с теоремой о равномерном распределении

энергии по степеням свободы на каждую степень свободы молекулы при-

ходится энергия ві

*kT* Вращательному движению двухатомной моле-

2

кулы соответствуют две степени свободы. Следовательно, средняя энергия вращательного движения молекулы водорода равна

*kT*

'вр ' 2 2

——kT. 

Произведем вычисления:

вр 1338 10 23 300 = 4,14 103 23 ж

Кинетическая энергия вращательного движения всех молекул газа определяется по формуле

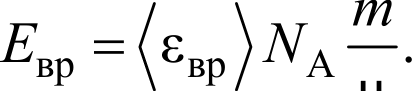
(2)

где *N —* число всех молекул газа, равное *N ——* Н A г (НA — число Авогадро, v— количество вещества).

Учтем, что количество вещества v = ш/q, где m — масса газа; g — мо- лярная масса газа. Тогда выражение *N ——* Н A г примет вид

*N ——* Н A —.

Подставим это выражение в формулу (2):



Произведем вычисления, учитывая, что молярная масса водорода

р = 2- 10 3 кг/моль:

Лвр' 4314 10 ' l

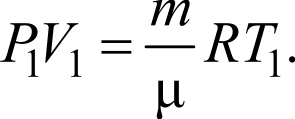
6,02 10 ' 3

2 1033 = 24,9- 10' Дж.

2 1033

*Пример 3.* Газообразный кислород массой *т ——* 10 г находится под давлением *Р ——* 3 - 10’ Па при температуре i = 10 °С. После расширения вследствие нагревания при постоянном давлении газ занял объем U = 10 л. Найти объем и плотность газа до расширения, температуру и плотность га- за после расширения.

*Решение.* Для нахождения объема кислорода до расширения восполь- зуемся уравнением состояния газа (уравнением Менделеева — Клапейрона) и учтем, что молярная масса кислорода ц = 32- 10 3 кг/моль:



Тогда

шЛГі 0, 01 8,31 283 = 2, 4 1033 мЗ.

1' 32 1033 3 105

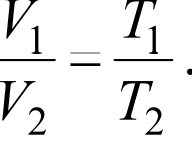
Плотность кислорода до расширения равна

m 0, 01 = 4, 4 кг/мЗ .

’ 1 П 2, 4 1033

'

Температуру кислорода после расширения можно найти, применив закон Гей-Люссака:



Из этого выражения следует:

32 i i 10°' 283 = 1180 К .

i i 2,4 10 3

Плотность кислорода после расширения

*т* 0, 01

Р 103 2

3

2

* + - * 1. Термодинамика

*Пример 1.* Кислород массой *т ——* 2 кг занимает объем U = 1 м и на- ходится под давлением °'°i = 0,2 MПa. После нагревания при постоянном давлении он занял объем U = 3 м', а затем его давление в ходе изохориче- ского процесса стало равным Р = 0,5 MПa. Найти изменение внутренней

энергии газа dU, совершенную им работу *А* и количество теплоты *Q,* пере- данной газу. Построить график процесса.

*Решение.* График процесса приведен на рис. 2.7.

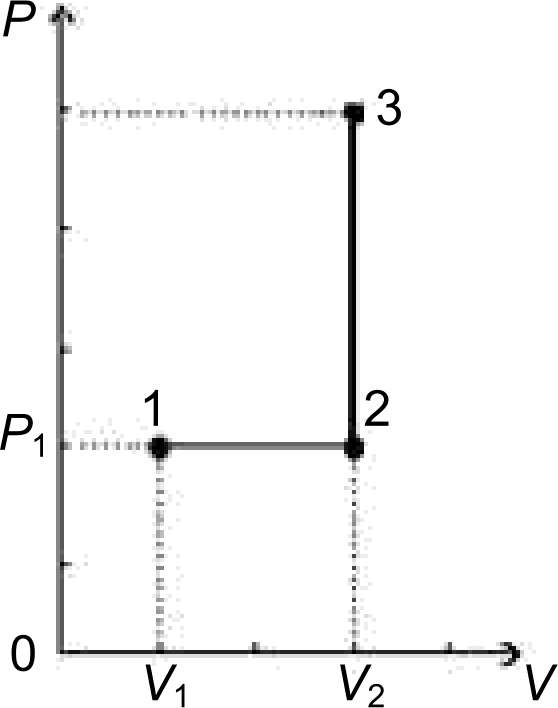
*Рз*

Рис. 2.7

Работа расширения газа Лн при изобарическом переходе из состоя- ния 1 в состояние 2 вычисляется по формуле

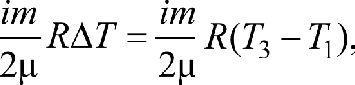
*An !°i\*•V ——!'і Vi — Vi .*

Работа газа Л» =ри изохорическом переходе из состояния 2 в состо- яние 3 равна нулю.

Таким образом, полная работа *А,* совершаемая газом при переходе из состояния 1 в состояние 3,



Изменение внутренней энергии газа при переходе 1 --+ 2 --+ 3 опреде- ляется соотношением

*bU —— *

где *i* — число степеней свободы газа;

*T* и Из — температура газа соответственно в начальном и конечном



Уравнение Менделеева — Клапейрона для состояний 1 и 3 записывает- ся в виде

 (2)

*РV2* ——*—ЛТ* .

После совместного решения уравнений (1) — (3) получим выражение изменения внутренней энергии газа:

*bU ——* 2

Согласно первому началу термодинамики, теплота *Q,* переданная газу, pac- ходуется на совершение газом работьІ и на изменение его внутренней энергии:

*Q —— А + b U.*

Произведем вычисления, учитывая, что для двухатомных молекул кислорода g = 32- 1033 кг/моль, а число степеней свободы *i* = 5:

*А —— А ——* 0,2- 106 (3 — 1) = 0,4- 106 Дж = 0,4 МДж;

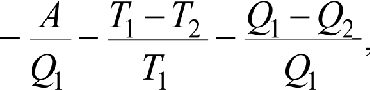
*bU ——* 2 (0,5 106 3 — 0, 2 106 1) = 3, 25 106 Дж = 3,25 МДж;

*Q ——* (3,25 + 0,4) = 3,65 МДж.

*Мример 2.* Тепловой двигатель, работающий по циклу Карно, полу- чает тепло от нагревателя при температуре 227 °С в количестве *Qi* = 5 кДж за цикл и передает часть его окружающему воздуху. При этом двигатель

совершает за цикл работу, равную 2 кДж. С каким КПД работает двига- тель? Какова температура окружающего воздуха и как изменяется его эн- тропия за счет работы двигателя в течение одного цикла?

*Решение.* Коэффициент полезного действия двигателя, работающего по циклу Карно,



где *Q2 —* тепло, передаваемое двигателем холодильнику (окружающей среде);

*А —* работа;

*T2 —* температура холодильника (окружающей среды — воздуха); i i — температура нагревателя.

Отсюда КПД

Ч= *А* 2 = 0,4 = 40 %.

#### ї2і

=—5

Температура окружающей среды *Ту ——* 227 + 273 = 500 К)

*Т ——* Г (1 — р) = 500 (1 — 0,4) = 300 К = 27 °С.

Изменение энтропии окружающей среды определим по формуле Клаузиуса:

дд *'22* '2*—*i

*А* 5 — 2 = 0,01 кДж/К=10Дж/К.

*Т* 32 300

Заметим, что энтропия окружающей среды возрастает, так как она по- лучает тепло от теплового двигателя.

# Электростатика

*Мрнмер 1.* Два точечных электрических заряда g, = 1 нКл и g, = — 2 нКл находятся в воздухе на расстоянии *d ——* 10 см друг от друга. Определить на- пряженность *Е* и потенциал ‹р поля, создаваемого этими зарядами в точке *А,* удаленной от заряда qi на расстояние *п ——* 9 см и от заряда q — на расстоя-

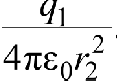
ние *г ——* 7 см.

*Решение.* Согласно принципу суперпозиции электрических полей каж- дый заряд создает поле независимо от присутствия в пространстве других зарядов. Поэтому напряженность электрического поля в искомой точке может быть найдена как геометрическая сумма напряженностей полей,

создаваемых каждым зарядом в отдельности: *Е ——*Лі + *Е .* Напряженности электрического поля, создаваемого в воздухе (в = 1) зарядами q и q , равны

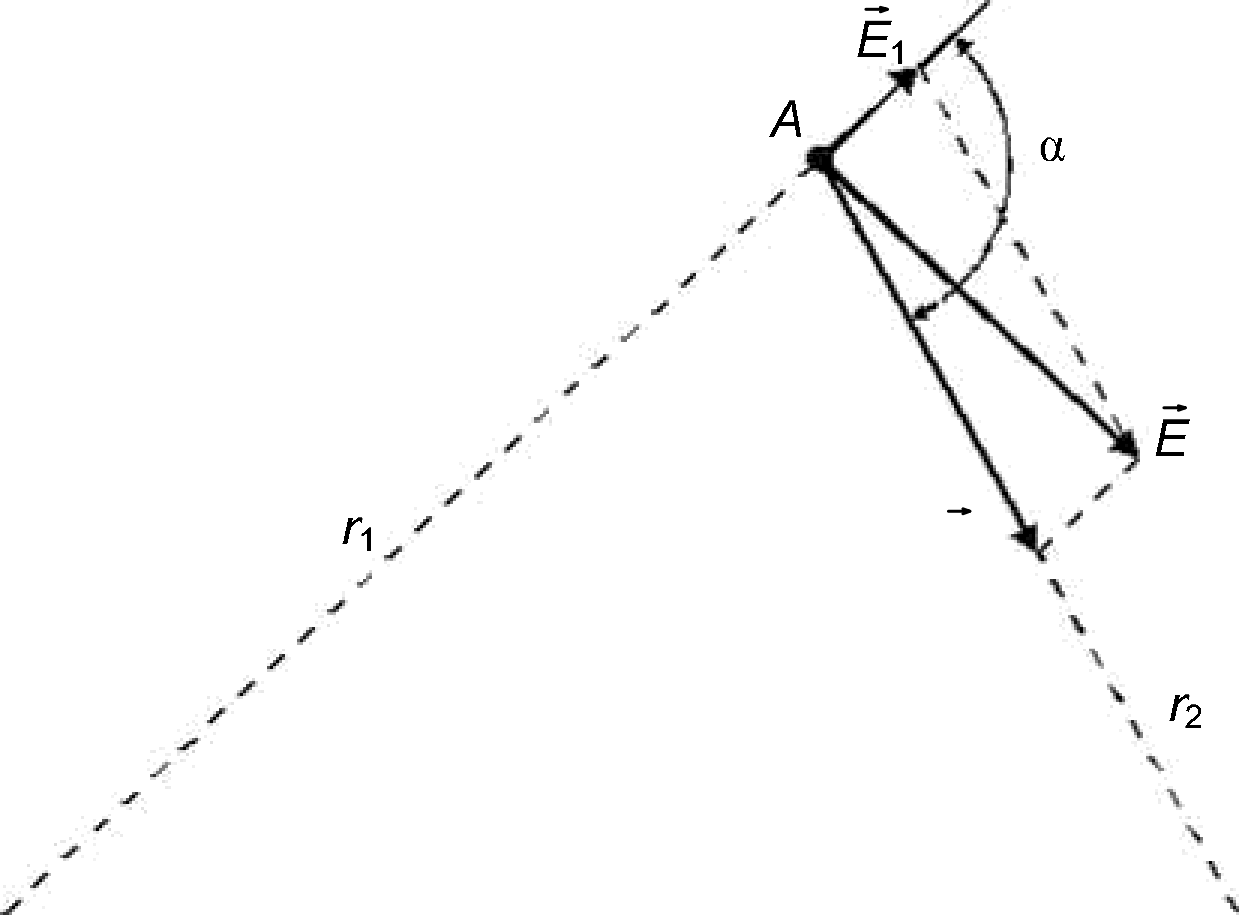
4пв

*, E 2 —— *

0 і

г2

Вектор *E* направлен по силовой линии от заряда qi, так как этот за- ряд положителен; вектор 3 2 также направлен по силовой линии, но к заря- ду q„ поскольку этот заряд отрицателен (рис. 2.8).

*E 2*

*d* i Й2

Рис. 2.8



Модуль вектора Л найдем по теореме косинусов:

(2)

где ct — угол между векторами Л и Л , который может быть найден из треугольника со сторонами *п, гz* и *d:*

*d 2 r 2* 2

cOS О 1

#### 2гк2

Во избежание громоздких записей значение cosct удобнее вычислить отдельно:

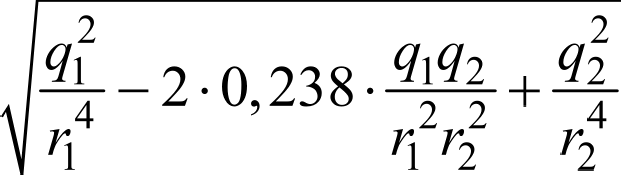
###### 0,1' — 0,09' — 0,07'

GOSS=

2 0,09 0,07

= —0, 238.

Подставляя выраженияi i и *Е* нз уравнений (1) в формулу (2) и вы- нося общий множитель за знак корня, получаем

*Е ——* i 71

4пв0 *г4*

— 2 0, 238

s2 #2

*Г* 2*Г* 2

*і 1 2*

В соответствии с принципом суперпозиции потенциал поля, создавае— мого двумя зарядами qi и g , равен алгебраической сумме потенциалов, т. е.



Потенциал электрического поля, создаваемого в воздухе (в = 1) то- чечным зарядом g на расстоянии *r* от него, вычисляется по формуле



Согласно формулам (3) и (4),



#### 4пвог’

(4)

 1 so+

4f(\*o п *n*

34

Учтем, что

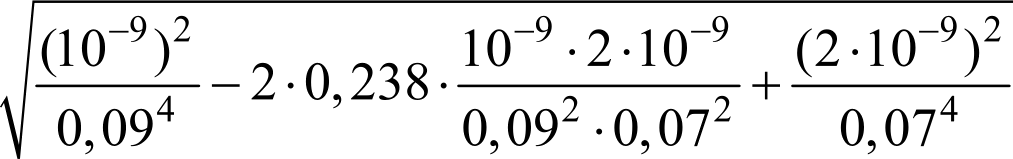
и произведем вычисления:

1 = 9 109 М

4пво Ф

*Е ——* 9 10

9 (l0 °9 )'

0, 094

— 2 0, 238

1039 2 1039

0, 09' 0, 07' +

(2 1039 )'

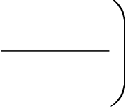
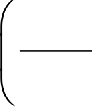
0, 074

= 3, 58 103

В/м = 3,58 кВ/м.

= 9 109

1039 2 1039

0,09 0, 07

= —157 В.

При вычислении *Е* знак заряда q, опущен, так как он определяет на- правление вектора напряженности, которое было учтено при графическом изображении вектора *Е* (см. рис. 2.8).

*Мример 2.* Конденсатор емкостью *С ——* 3 мкФ был заряжен до разно- сти потенциалов i i = 40 В. После отключения от источника тока его co- единили параллельно с другим незаряженным конденсатором емкостью *Сz —— S* мкФ. Какая энергия У израсходуется на образование искры в момент присоединения второго конденсатора?

*Решение.* Энергия W, израсходованная на образование искры, равна



где i i — энергия, которой обладал первый конденсатор до присоедине- ния к нему второго конденсатора;

W, — энергия, которую имеет батарея, составленная из двух конден- саторов.

Энергия заряженного конденсатора определяется по формуле

*CU’*

2

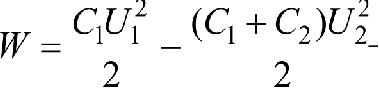
где *С —* емкость конденсатора;

*U —* разность потенциалов между обкладками конденсатора.

(2)



Выразив в уравнении (1) энергии W, и W, по формуле (2) и приняв во внимание, что общая емкость параллельно соединенных конденсаторов рав- на сумме емкостей отдельных конденсаторов, получим



где *Up —* разность потенциалов на зажимах батареи конденсаторов.

Учитывая, что общий заряд q после подключения второго конденсато- ра остался прежним, выразим разность потенциалов *Uz* следующим образом:

g *C U*

*i i*

*U ——*



###### (4)

*2 С + C С + C*

*2*

*2*

Подставив выражение (4) в формулу (3), найдем

*Сейф' Co+ C2 )С 2U2 CiC2U2*

2 2 *Ci + C2 )2* 2(Ci + *C2 )*

Произведем вычисления:

3 1036 5 1036 40'

= 1,-5

3 Дж.

2 (3 1036 + -5 1036 )

103

# Постоянный ток

*Пример 1.* Потенциометр с сопротивлением Лq = 100 Ом подключен к батарее, ЭДС которой в = 150 В, а внутреннее сопротивление *г* —— 50 Ом, как показано на рис. 2.9. Определить: 1) показание вольтметра, соединен- ного с одной из клемм потенциометра *В* и подвижным контактом *А,* уста- новленным посередине потенциометра, если сопротивление вольтметра

равно v' 300 Ом; 2) разность потенциалов между теми же точками по- тенциометра при отключении вольтметра.

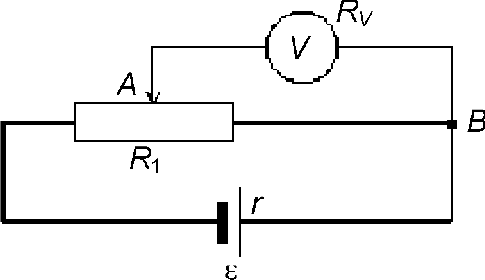


Рис. 2.9

36

*Решение.* Показание вольтметра, подключенного к точкам *А* и *В* (см. рис. 2.9), или разность потенциалов d l между точками *А* и *В,* определяем по формуле

# i i # \*.

где Л — сопротивление параллельно соединенных вольтметра и полови- ны потенциометра;

/ — суммарная сила тока в ветвях этого соединения (она равна силе тока в неразветвленной части цепи).

Силу тока I найдем по закону Ома для полной цепи:

(2)

где Л — сопротивление внешней цепи. Оно является суммой двух сопро— тивлений:

' 2 + 1‘

Перепишем формулу (2) с учетом выражения (3):

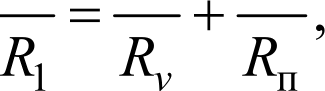
ii' д,

2

(4)

Сопротивление £і найдем по формуле параллельного соединения про-



1 1 2

откуда



#### 37

Произведем промежуточные вычисления по формулам (5), (4) и (1):

 100 500 = 45,5 Ом,

1 100 + 2 500

150 = 1,03 А,

' 100 + 45,5 + 50

2

У 1,03 45,5 = 46,9 В.

Разность потенциалов между точками *А* и *В* при отключенном вольт- метре равна произведению силы тока *I* на половину сопротивления потен- циометра:

2 (6)

2

Силу тока в цепи при отключенном вольтметре определяем по формуле

###### (7)

Подставив выражение (7) в формулу (6), найдем разность потенциа- лов *Uz:*

*U*

' ' 2(Лq + *г)*

После вычислений получим

*U* 150 100 = 50 В.

2 2 (100 + 50)

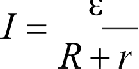
*Мример 2.* Найти мощность, выделяемую электрическим током в на- грузке Л = 25 Ом, если последняя подключена к источнику постоянного тока с внутренним сопротивлением *r ——* 0,1 Ом и током короткого замыка- ниЯ *Ок.з*' 150 А.



*Решение.* Записываем выражение для определения мощности, выде— ляемой на нагрузке Л:

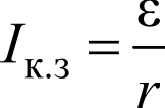


Согласно закону Ома для замкнутой цепи,

(2)

Запишем соотношение, связывающее ток короткого замыкания I, . .

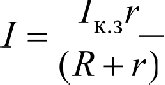
ЭДС источника ь и его внутреннее сопротивление *г.*



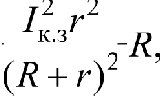
Отсюда

 (4)

Подстановка соотношения (4) в формулу (2) дает



Переписав формулу (1) с учетом выражения (5), получим окончатель- ную формулу

(6)

а затем, подставив числовые значения, найдем

1502 0,1'



(25 + 0,1)2

25 = 9 Вт.

## Электромагнетизм

*Мример 1.* Два параллельных бесконечно длинных провода *D* и *С, по*

которым текут в одном направлении электрические токи силой *I ——* 60 А, pac-

положены на расстоянии *d ——* 10 см друг от друга. Определить индукцию *В* магнитного поля, создаваемого проводниками с током в точке *А* (рис. 2.10), от- стоящей от оси одного проводника на r l = 5 см, а от другого — на п = 12 см.

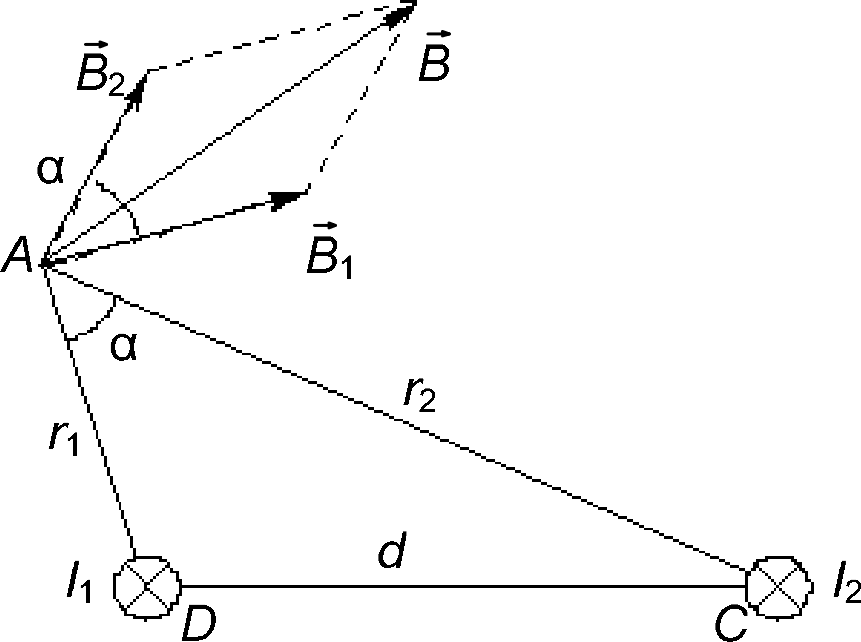


Рис. 2.10

*Решение.* Для нахождения магнитной индукции *В* в точке *А* воспользу- емся при~~нципо~~м суперпози~~ции~~ ма~~гниіны~~х полей. Для этого выдел~~им~~ направ-

ление магнитных индукций *Bi* и *B2* полей, создаваемых каждым проводником в отдельности, и сложим их геометрически: *В —— Be* + *B2* (см. рис. 2.10).

Модуль вектора *В* может быть найден по теореме косинусов как

*В —— Bi* + 2BiB cos *o+B2* ,

где п — угол между векторами *Bi* и *B2 .*

Магнитные индукции *Bi* и *Вz* выражаются, соответственно, через си- лу тока *I* и расстояния п и *п* от проводов до точки *А:*

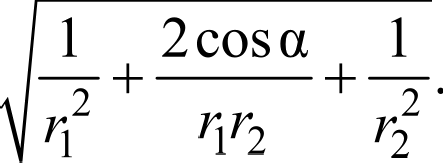
 *, B 2*

2nri

2nr 2

Подставив выражения *i i* и *Bz* в формулу (l) и вынеся выражение знак корня, получим

0 *I* за

vo/ i

2ff *гі2*

+ 2 coso 1

(2)

Вычислим cosct по теореме косинусов, учитывая, что let = *XDAC*

(как углы с соответственно перпендикулярными сторонами):

###### *d ——* п' + п' — 2rir coso.

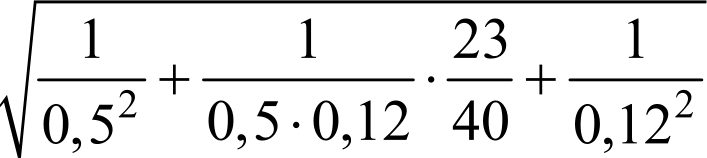
Отсюда

*r 2+*

*— d’* 25 + 144 —100 23

GOS О 1

2ri r2 2 5 12 40

Подставим в формулу (2) числовые значения физических величин и произведем вычисления:

*В ——*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 4< 1037 | 60 | 1 | 1 | 23 | 1 |
| 2 |  | 0,5'+ | 0,5 0,12 | 40+ | 0,122 |

= 309 1036 Тл = 309 мкТл.

*Пример 2.* Плоский квадратный контур со стороной *а ——* 10 см, по ко- торому течет ток силой *I ——* 100 А, свободно установился в однородном маг- нитном поле *(В ——* 1 Тл). Определить работу *А,* совершаемую внешними си- лами при повороте контура относительно оси, проходящей через середину его противоположных сторон, на угол ip = 90°.

*Решение.* Работа внешних сил по перемещению контура с током в маг- нитном поле равна произведению силы тока в контуре на изменение маг- нитного потока через контур (рис. 2.11):

*А* = —ІАФ = I (Ф — Ф ),

где Фі — магнитный поток, пронизывающий контур до перемещения;

Ф2 — магнитный поток, пронизывающий контур после перемещения. Если ‹р = 90°, то Фу = *В- S,* а Ф = 0. Следовательно,

*А —— I - В- S —— I - В- а’ ——* 100 1 (0,1)' = 1 Дж.

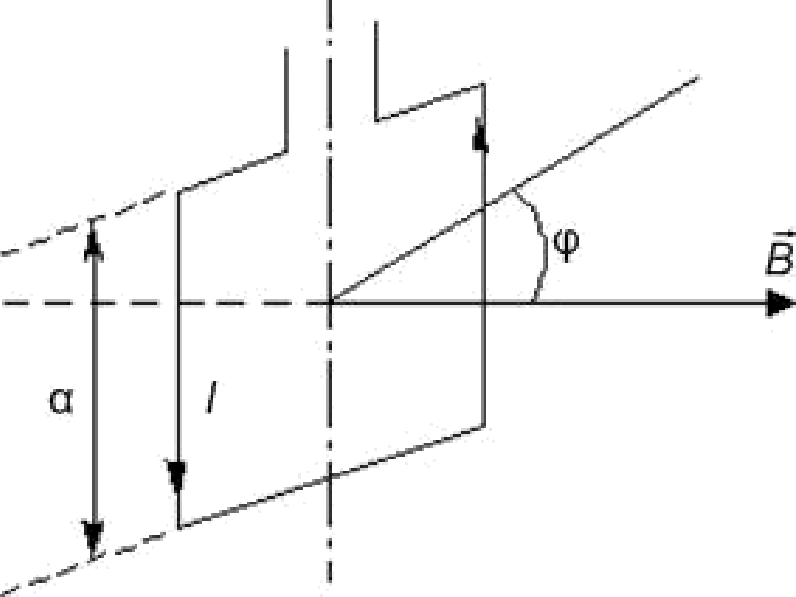


Рис. 2.11

*Примечание.* Задача может быть решена другим способом, с исполь- зованием определения работы при вращательном движении:

*А — Mb .*

Предлагаем эти вычисления проделать самостоятельно и убедиться, что описанныи выше способ решения задачи с использованием понятия маг- нитного потока более рационален.

*Мрнмер 3.* В колебательном контуре, состоящем из индуктивности и ем- кости, максимальныи ток в катушке /q = 1 А, а максимальное напряжение на конденсаторе *Uq —— I* кВ. С момента, когда напряжение равно нулю, до момента, когда энергия в катушке становится равнои энергии в конденса- торе, проходит / 1,56 мкс. Считая омическое сопротивление пренебрежи- мо малым, вычислить период колебании контура и его энергию.

*Решение.* По условию задачи энергия магнитного поля в заданныи момент времени равна энергии электрического поля в конденсаторе. Сум- ма этих энергии определяет полную энергию поля контура

W= iI *CU 2 LI 2 CU’*

2 2 2 2

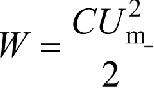
где *L —* индуктивность контура;

*I —* ток в контуре;

*С —* емкость контура;

*U —* напряжение на пластинах.

Полная энергия контура, выраженная через максимальное напряжение,

 (2)

Из формул (l) и (2)

*U —— *

Используя уравнение гармонического колебания, в котором отсчет вре- мени ведется от момента, когда напряжение равно нулю, имеем

*U ——* U sin

где *Uz —* амплитуда напряжения (максимальное напряжение);

*Т —* период колебаний;

/ — время колебаний.

С учетом выражения (3) получаем

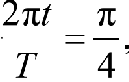
——Yp sin

2 =

. 2 /.

2 sin *Т*

Подставив числовые значения, находим *Т:*



откуда



Таким образом, период колебаний контура равен

*Т —— 8-* 1,57 1036 = 12,6 1036 с.

Вычислим теперь полную (максимальную) энергию контура. Она рав- на максимальной электрической энергии конденсатора (энергия магнитно- го поля при этом равна нулю) или максимальной энергии магнитного поля (при нулевой энергии электрического поля):

(4)

2 2

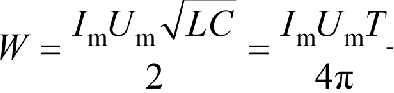


Используя формулу Томсона *Т ——* 2s *LC ,* получаем

*LC —— Т*

2

Произведение правых частей равенств (4) равно квадрату полной энер- гии контура У . Извлечение корня с учетом формулы (5) дает



Вычисляем полную энергию контура:

1 103 12, 6 1036



4 3,14

= 0, 001 Дж.

*Пример 4. YIo* двум параллельным проводникам, расположенным на расстоянии *d ——* 20 см друг от друга, текут токи *I* и I, одного направления величиной в 100 А. Длина проводников / = 3 м. Вычислить силу взаимо- действия между проводниками, если они находятся в вакууме.

*Решение.* На проводники с током в магнитном поле действует сила Ампера, которая может быть найдена по формуле

*F ——* ЙЙ0’1’2'

###### 2nd

где g — магнитная проницаемость среды, равная для вакуума ц = 1; vo — магнитная постоянная.

Подставив в формулу известные нам значения, получаем

*F ——* 1 4

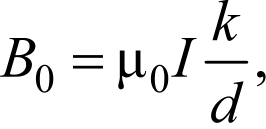
3,14 1034 100 100

2 3,14 0, 2

3 = 0,03 Н.

*Мример 5.* Внутри длинного соленоида, имеющего однослойную o6- мотку из провода диаметром *d ——* 1 мм, находится стальной сердечник. Оп- ределить магнитную проницаемость сердечника при силе тока /= 2 А.

*Решение.* Индукция намагничивающего поля, т. е. поля внутри соле- ноида без сердечника, вычисляется по формуле



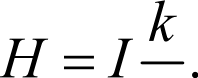
где vo — магнитная постоянная; k — число слоев обмотки.

Или же

 (2)

где *Н —* напряженность магнитного поля.

Из формул (I) и (2) следует, что

*d*

Если внутрь соленоида поместить сердечник с магнитной проницае— мостью ц, то индукция станет равной



Отсюда с учетом соотношения (2) следует, что



###### Р=

р0И

(4)

(5)

Подставляя в формулу (3) исходные данные, находим, что *Н ——* 2 кА/м, а затем по графику (см. приложение, рисунок) для стали находим *В ——* 1,25 Тл. Тогда

Ј 1, 25 = 495.

1, 26 1036 2 10'

*Мример 6.* Электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов, равную *U ——* 400 В, попал в однородное магнитное поле напряженностью *Н ——* 1 кА/м. Определить радиус кривизны траектории и частоту обраще- ния электрона в магнитном поле, если вектор скорости перпендикулярен



*Решение.* На движущийся в магнитном поле электрон действует сила Лоренца *Fл* , которая сообщает электрону нормальное ускорение. По вто- рому закону Ньютона *Fq* ——шин, где nq — нормальное ускорение; ш — масса

электрона. Тогда в проекции на направление ускорения с учетом выраже— ний для силы Лоренца и нормального ускорения имеем

*Ел* - *evB* sin о=

где *е —* заряд электрона;

v — скорость электрона;

*В —* магнитная индукция;

Л — радиус кривизны траектории;

ct — угол между векторами *В* и (в нашем случае он равен 90°, сле- довательно, sinct = 1).

Отсюда найдем Л:

g *mv*

*eB*

Если обозначить кинетическую энергию электрона как *Т,* то входящий в равенство (l) импульс электрона cv может быть выражен как *mv* = 2тТ *.* Используя равенство *Т —— eU* для определения кинетической энергии электро-

на, прошедшего ускоряющую разность потенциалов *U,* получаем

 (2)

Магнитная индукция может быть выражена через напряженность *Н* магнитного поля в вакууме как *В —— ц ,* где vo — магнитная постоянная. Подставив полученные выражения в формулу (1), находим

 2meU

v0e//

Производим вычисления:

9,11 101

1, 6 10 1

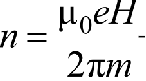
400 2

4 3,14 1037 1, 6 10 1-9

10'

= 5,37 103 м.

Частота обращения электрона в магнитном поле связана с его скоро- стью и радиусом соотношением п = v / (2пЛ). Подставив в это соотношение выражение (3), с учетом формулы (2) получаем



Произведем вычисления:

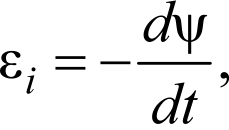
4 3,14 1037 1, 6 10°' 9 10'

' 2 3,14 9,11 10 31

= 3,52 107 с° .

*Мрнмер 7.* В однородном магнитном поле с индукцией *В ——* 0,1 Тл рав- номерно с частотой п = 10 об/с вращается рамка, содержащая *N ——* 1000 витков, плотно прилегающих друг к другу. Площадь рамки S = 150 см'. Опреде- лить мгновенное значение ЭДС индукции в момент времени, когда угол поворота рамки ip = 30°.

*Решение.* Мгновенное значение ЭДС индукции определяется уравне- нием Фарадея — Максвелла



где — потокосцепление, связанное с магнитным потоком Ф и числом вит- ков *N* соотношением

*—— NФ.*

Подставляя выражение (2) в формулу (1), получаем

*= —N dФ*

*dt*

(2)

При вращении рамки магнитный поток, пронизывающий ее в момент времени /, определяется соотношением

Ф = *BScosшi, *

где ю — циклическая частота.

Подставив в формулу (2) выражение (3) и продифференцировав по времени, найдем мгновенное значение ЭДС индукции:

в, = *NBSюsinю/.*

Учитывая, что ю = 2пп, а ю/ = ‹р, получаем

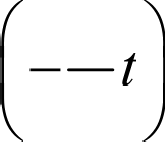
в, = 2nnNBSюsin‹p.

Произведем вычисления:

в, = 2 3,14 10 10' 0,1 1,5 10°' 0,5 = 47,1 В.

*Мример 8.* Имеется катушка, индуктивность которой *L ——* 0,2 Ги, а со- противление Л = 1,64 Ом. Найти, во сколько раз уменьшится сила тока в катушке через / = 0,05 с после того, как катушка будет отключена от ис- точника тока и замкнута накоротко.

*Решение.* При выключении тока в цепи (рис. 2.12) и «закорачивании» катушки ток в ней изменяется по закону

*I ——* \* exp *L*

где t o — значение тока до «закорачивания» катушки.

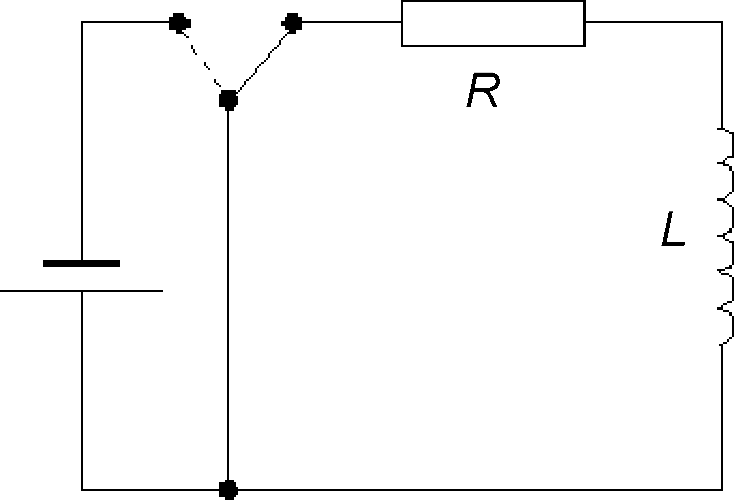


Рис. 2.12

Через промежуток времени t сила тока в катушке будет равна

/, = foexp(—Лf, / *L).* Тогда отношение токов t o и *I* будет следующим:

*I* = ex

Произведем вычисления:

1 = *k.*

*L*

k ——ex

1, 64 0,05

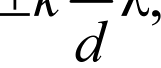
0,2

= *e0* 41 = 1, 5 раза.

## Волновая и квантовая оптика

*Пример 1.* В опыте Юнга отверстия освещались монохроматическим светом с длиной волны Х = 600 им. Расстояние между отверстиями *d ——* l мм, расстояние от отверстий до экрана / = 3 м. Найти положение на экране че- тырех первых светлых полос.

*Решение.* В опыте Юнга наблюдается явление интерференции света, которое выражается в его ослаблении или усилении. Так как в предложен- ном случае выполняется одно из условий интерференции (/ d), то можно воспользоваться формулой для нахождения координат максимумов интен- сивности света



где *k ——* 0, 1, 2, 3,

Знак «+» указывает, что максимумы симметричны относительно ну- левого (k = 0, р = 0).

Все параметры формулы заданы условиями задачи. Проведем расче- ты при различных значениях *k:*

1. k = 0, Ј= 0 (светлая, самая яркая полоса, расположенная напротив отверстия);

#### k = l,

Ъ = \*

600 1039

*d* 1033

= +1,8 1033 м = +1,8 мм;

3) I = 2,3

= + 2/X 2 3 600 1039

2 *d “* 1033

= +3, 6 -1033 м = +3,6 мм;

4) k' 3, з' ЗЈ = 35,4 мм.

Светлые полосы располагаются симметрично относительно централь- ной полосы *k ——* 0).

*Пример 2.* На дифракционную решетку нормально падает пучок све- та от разрядной трубки. Чему должна быть равна постоянная дифракцион- ной решетки *d,* чтобы в направлении ‹р = 41° совпадали максимумы двух линий: Z, = 656,3 им и Х, = 410,2 им?

*Решение.* При прохождении света через дифракционную решетку мак- симум будет наблюдаться при условии

*dsin‹p* = kX,

где *k —* порядок дифракционного максимума.

Из условий задачи следует, что

*ki\*i k* 32

*d d*

или *k L —— kzLz.*

Отсюда

*k,* / *k —— L* / Х = 656,3 / 410,2 = 1,6.

Так как k и k, обязательно должны быть выражены целыми числами, то полученному отношению удовлетворяют значения k = 5 и k = 8. Тогда

*d ——*

#### 'йЬ \_ 5 656,3 1039

sin ‹р sin 40°

= 5 1036 м.

*Мример 3.* Длина волны, на которую приходится максимум энергии в спектре излучения абсолютно черного тела, Щa, 0,58 мкм. Определить энергетическую светимость т тела.

*Решение. Ухо* закону Стефана — Больцмана энергетическая светимость

абсолютно черного тела пропорциональна четвертой степени термодина- мической температуры и рассчитывается по формуле



где п постоянная Стефана — Больцмана;

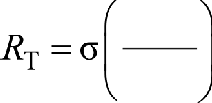
*Т —* термодинамическая температура.

Температуру *Т* можно выразить, используя закон смещения Вина:

max *›* (2)

где *b ——* 2,9 1033 м/К — постоянная Вина.

Используя формулы (1) и (2), получаем

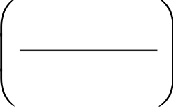
4

*!9*

Произведем вычисления:

Лт = 5,67 1038

‘max

2,9 10—3 4

5,8 1037

= 3,54 107 Вт/м'.

*Мример 4.* Определить максимальную cкopOGT Vmax фОТоэлектронов, вырываемых с поверхности серебра ультрафиолетовым излучением с дли- ной волны Х = 155 им.

*Решение.* Максимальную скорость фотоэлектронов можно определить из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта

he



где *h —* постоянная Планка;

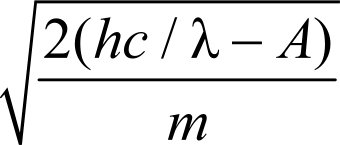
*А+* Vmax

2

с — скорость света в вакууме;

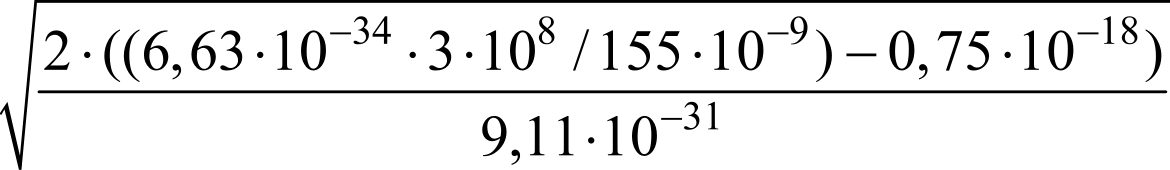
*А —* работа выхода электронов (приложение, табл. 6); m — масса покоя электрона.

Отсюда

Vmax

2(èc / Z — *А)*

(2)

Подстановка значений констант и величин, заданных в условии зада- чи, в формулу (2) дает

Vmax

-2 ((6, 6-3

10— 3-4

з 108 / 155 1039 ) — 0, 75

9,11 10°' 1

10 18

1, 08 106

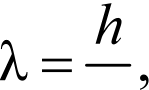
м/с.

* + - * 1. Физика атома и атомного ядра

*Мример 1.* Электрон, начальной скоростью которого можно пренебречь, прошел ускоряющую разность потенциалов *U.* Найти длину волны де Брой- ля Х, если 1)i i = 51 В; 2) *Up ——* 510 кВ.

*Решение.* Длина волны де Бройля частицы зависит от ее импульса *р*

и рассчитывается по формуле



где *h —* постоянная Планка.

Импульс частицы можно определить, если известна ее кинетическая энергия *Ek.* Связь импульса с кинетической энергией различна для нереляти-

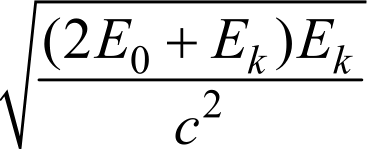
вистского случая (когда кинетическая энергия частицы много меньше ее энер- гии покоя) и для релятивистского случая (когда они сравнимы между собой).

В нерелятивистском случае

*р ——* 2 ш0Л k ,

где жо — масса покоя частицы.

В релятивистском случае

*p* 2fo + *Е )Е*

2 '

(2)



где t o = moc' — энергия покоя частицы.

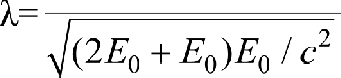
В нерелятивистском случае из формулы (1) и соотношения (2) сле- дует, что

 h

2ШoE k

(4)

В релятивистском случае из формулы (l) и соотношения (3) следует, что

h

Сравним кинетические энергии электрона, прошедшего заданные в условии задачи разности потенциалов i i = 51 В и *Uz —— S* 10 кВ, с энергией покоя электрона t o = ••o•' = 0,51 МэВ и в зависимости от этого решим, ка- кую из только что полученных формул следует применить для вычисления длины волны де Бройля.

Как известно, кинетическая энергия электрона, прошедшего ускоряю- щую разность потенциалов *U,* равна *E —— eU.*

В первом случае *Еk* ——*eUi* = 51 эВ = 0,51- 10“ МэВ, что много меньше

энергии покоя электрона. Следовательно, для вычисления Х можно приме- нить формулу (4). Для упрощения расчетов заметим, что *Ek ——* 10“ moc'. Под- ставив это выражение в формулу (4), перепишем ее в виде

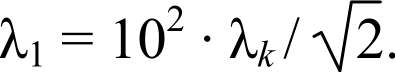
*h* 10' *h*

23 010—4 2 ’

‘1

2 Шо°

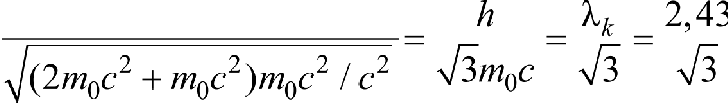
Учитывая, что *h* / (moc) есть комптоновская длина волны Z , получаем



Подставив сюда значение Х = 2,43 пм, находим

i 10' - 2,43 / 2 = 155 пм.

Во втором случае кинетическая энергия *E“k —— eUz ——* 510 кэВ = 0,51 МэВ, т. е. равна энергии покоя электрона. Для вычисления Х необходимо приме- нить формулу (5):

h

’2 = 1, 27 пм.

*Мример 2.* Кинетическая энергия электрона в атоме водорода состав- ляет величину порядка *Ek ——* 10 эВ. Используя соотношение неопределенно- стей, оценить минимальные линейные размеры атома.

*Решение.* Соотношение неопределенностей для координаты и им- пульса имеет вид



где m — неопределенность координаты частицы (в данном случае элек- трона);

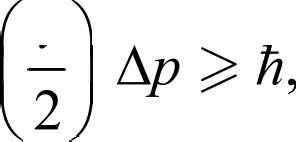
*др —* неопределенность импульса электрона;

*h —* постоянная Планка *h* / 2п).

Из соотношения неопределенностей следует, что чем точнее опреде- ляется положение частицы в пространстве, тем более неопределенным становится импульс, а следовательно, и энергия частицы. Пусть атом име- ет линейные размеры /, тогда электрон атома будет находиться где-то в пределах области с неопределенностью

2

Соотношение неопределенностей (1) можно записать в этом случае в виде



откуда



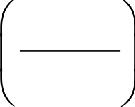
Неопределенность импульса не должна превышать значение самого импульса *р,* т. е. *др р+ р.* Импульс *р* связан с кинетической энергией соот- ношением *р ——* 2mEp *.* Заменим *др* значением *р ——* 2mEp (такая замена не увеличит величину /). Переходя от неравенства к равенству, получим

 26

2kmE

(2)

Проверим размерность min- Для этого в правую часть формулы (2) вместо символов величин подставим их единицы измерения:

b] \_ Дж с \_ кг м'

( ш] *Ek* ])l" (кг д 1t2 кг с'

Найденная единица измерения является единицей измерения длины. Произведем вычисления:

2 1, 05 10334 10



'min

-2 9,-1

10 3-1

1,-6

10 1-9

= 1, 24 10° м.

i о

*Мример 3.* Волновая функция у(х) =

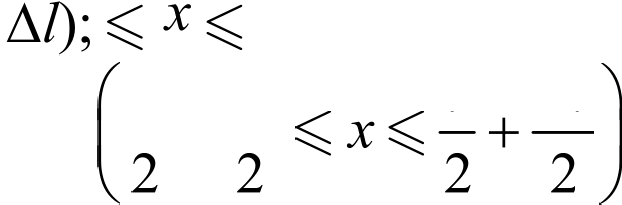
—

2 sin

ние частицы в бесконечно глубокой потенциальной яме шириной /. Вы-

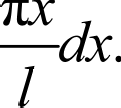
###### числить вероятность нахождения частицы в малом интервале d/, состав-

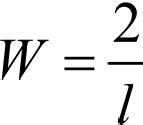
ляющем 1 % от ширины ямы, в двух случаях:

1. вблизи стенки (0
2. в средней части ямы

*Решение.* Вероятность того, что частица будет обнаружена в интер- вале *dx* (от *х* до х + *dx),* пропорциональна этому интервалу и квадрату мо- дуля волновой функции, описывающей данное состояние:

*dW —— щ(х)’dx.*

В первом случае искомую вероятность можно найти путем интегри- рования в пределах от 0 до 0,01/ (рис. 2.13):

0,01/

0

sin2

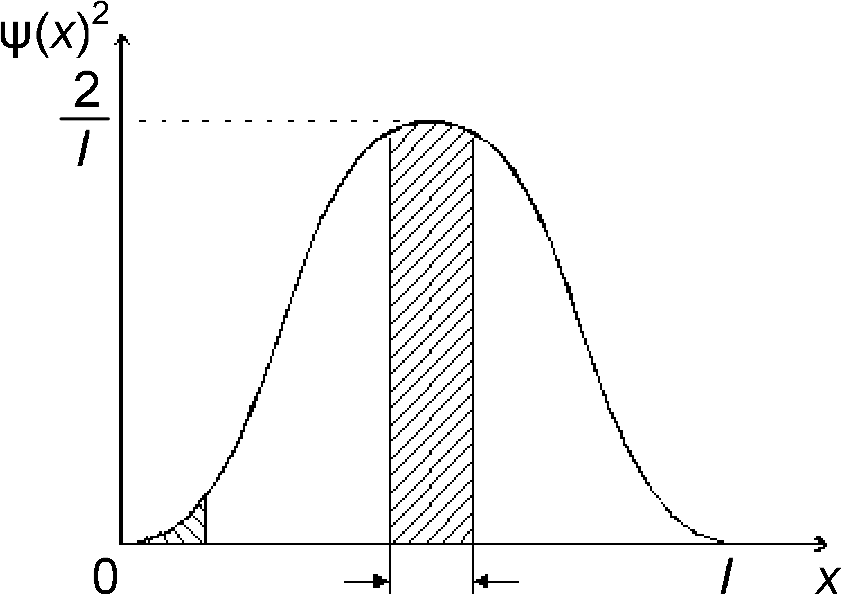


Рис. 2.13

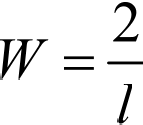
Знак модуля в выражении (1) опущен, так как функция у в данном слу- чае не является комплексной. Поскольку х изменяется в интервале 0 х 0,01/,

то 1 и, следовательно, справедливо приближенное равенство

sin2 “

(2)

С учетом формулы (2) выражение (1) принимает вид

0,01/ 2

*dx ——*

0,0 lf

0

*x2dx.*

После интегрирования получаем

W= (2/3)3' 10 6 = 6,6 10 6.

Во втором случае нет необходимости в интегрировании, так как квадрат модуля волновой функции вблизи ее максимума в заданном малом интервале (d/ = 0,01/) практически не изменяется. Искомая вероятность определяется выражением

W= y(//2)J'd/,



У 2 sin2 — — d/ 2

/ / 2 /

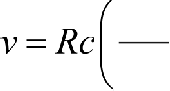
0, 01/ = 0, 02.

*Мример 4.* Электрон в атоме водорода перешел с четвертого энерге- тического уровня на второй. Определить энергию испущенного при этом фотона.

*Решение.* Энергия фотона определяется по формуле

*Е —— hv.*

Здесь неизвестной величиной является частота v, которая может быть рассчитана по спектральной формуле

1 1

*m* 2 2 '

где Л — постоянная Ридберга (Л = 1,1 107 м°');

с — скорость света в вакууме (с = 3 108 м/с);

ш — номер орбиты, на которую перешел электрон; п номер орбиты, с которой перешел электрон.

Следовательно, энергия фотона выражается формулой

*Е —— hRc*

2

2

*т п*

Подставим в данную формулу значения величин:

*Е ——* 6,62 10°' 4 I, 1 1037 3 108 (1/4 — 1/16) = 4,1 10°' 9 Дж.

*Мример 5.* Вычислить дефект массы и энергию связи ядра *Li. Решение.* Macca ядра всегда меньше суммы масс свободных прото-

нов и нейтронов. Дефект массы ядра dc определяется по формуле



где *Z —* зарядовое число (атомный номер, или число протонов в ядре);

*А —* массовое число (число нуклонов, составляющих ядро);

m ні *Шz —* массы протона, нейтрона и ядра соответственно.

В формуле (1) не известна масса ядра лития, которая определяется из соотношения

 (2)

где шa — Macca атома;

*ты —* масса электрона.

Подставим соотношение (2) в формулу (1):



Массы нуклонов, электрона и атома выразим в атомных единицах массы (а.е.м.), приняв во внимание, что 1 а.е.м. = 1,66 10 ' 7 кг. Тогда после подстановки соответствующих значений в формулу (3) получим

*cm ——* 3 1,00728 + 4 1,00867 — 7,01601 + 3 0,00065 = 0,04216 а.е.м.

Выразим As в килограммах:

dc = 0,04216 1,66 10 ' 7 = 7 10 ' 9 кг.

Энергия связи определяется по формуле

Лев' От - с' = 7- 10 ' 9 (3 108)' = 63- 10 ' 3 Дж.

*Мример 6.* Имеется радиоактивный препарат ' 7Mg массой *т ——* 0,2 мкг. Определить начальную активность препарата *Ao* и активность препарата *А* через t = 5 ч. Период полураспада магния *Ту z ——* 10 мин.

*Решение.* Активность изотопа характеризует скорость радиоактивно- го распада и равна отношению числа ядер *dN,* распавшихся за интервал времени *dt, к* этому интервалу:

*А dN*

*dt*

Знак «—» показывает, что число радиоактивных ядер *N* со временем

убывает. Для нахождения отношения радиоактивного распада

*dN*

ВОGПОЛЬЗ

*dt*

емся формулой закона

 (2)

где *N —* число радиоактивных ядер, содержащихся в изотопе в момент времени /;

t o — число радиоактивных ядер в момент времени, принятый за на- чальный (I = 0);

Х — постоянная радиоактивного распада. Продифференцируем выражение (2) по времени:

*dN dt*

Из формул (1) и (3) следует, что активность препарата *А* в момент времени / равна

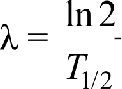
*А ——* Шое (4)

Если в формулу (4) подставить / = 0, получим начальную активность

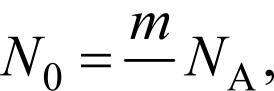
препарата *Ao.*



Постоянная радиоактивного распада Z связана с периодом полурас— пада *Tiei* соотношением

 (6)

Число радиоактивных ядерt o. содержавшихся в изотопе в момент времени, когда его масса была равна ш, определяется соотношением

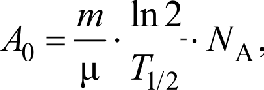


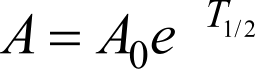
где g — молярная масса изотопа;

НA — число Авогадро.

С учетом выражения (7) формулы (5) и (4) принимают вид

###### (7)





Произведем вычисления, учитывая следующее:

1) T = 10 мин = 600 с;

2) 1п2 = 0,693;

3) t = 6 ч = 6 3,6 103 с = 2,16 104 с.

0, 2 1039 0, 693

6, 02 10" = 5,15 1

12 g

27 10°' 600

*А ——*5,15 10 2 ex

0,693

600

2,16 104 = 75,3 Бк.

В представленных примерах рассмотрены наиболее характерные ме- тоды решения задач по различным разделам физики. Примеры решения задач по более широкому спектру направлений можно найти в литературе, представленной в библиографическом списке [1—13].

Далее даны задачи, сгруппированные по разделам физического курса, которые можно использовать в качестве заданий для контрольных и самостоя- тельных работ студентов, а также на практических занятиях.

### ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

* + - * 1. Механика

1. Легковой автомобиль длиной / = 4,5 м, движущийся со скоро- стью v, = 90 км/ч, обгоняет автопоезд длиной / = 15 м, движущийся со ско- ростью v, = 60 км/ч. Определить длину участка обгона *L,* т. е. расстояние между точкой, в которой передний бампер автомобиля поравняется с зад- ним бампером автопоезда, и точкой, в которой задний бампер автомобиля поравняется с передним бампером автопоезда. Как изменится *L,* если ско- рость автомобиля уменьшится до v = 75 км/ч?
2. С помощью рентгеновского лазера, расположенного на круговой ор- бите *Н ——* 150 км, требуется уничтожить крылатую ракету длиной / = 5 м, дви- жущуюся горизонтально со скоростью v = 300 м/с на высоте *h ——* 15 м. Какое расстояние пролетит ракета за промежуток времени между «выстрелом» и ее поражением? Следует ли вводить упреждение в направление лазерного луча?
3. Скорость тела, движущегося прямолинейно, меняется по закону v = Л + *В/* + *Cf',* где *А ——* l м/с; *В ——* 3 м/с'; *С ——* 6 м/с'. Какое расстояние пройдет тело к моменту времени, когда его ускорение *а* станет равным 27 м/с'?
4. Тело движется вдоль оси х согласно уравнению *х ——А + Bt + Ct’ + Df 3,*

где *В ——* 2 м/с; *С ——* 1 м/с'; *D ——* 0,5 м/сЗ. Какой путь S оно пройдет за проме- жуток времени, в течение которого его ускорение возрастет с *ai* = 5 м/с'до *az ——* 11 м/с'?

1. Скорости двух тел, движущихся вдоль оси z, изменяются со- гласно уравнениям v = *А + Bii + C* t' и v = *А + В t + Сzt ,* где *А ——* 2 м/с;

*В —— 6* м/с'; *А ——* 10 м/с; *В ——* 1 м/с';

м/сЗ. Первое тело стартует

из точки *xi* = 0, а второе — из точки *хz ——* 10 м. Определить ускорения тел в момент, когда первое тело догонит второе.

1. Координата колеблющейся материальной точки изменяется по закону z = Лsin(2nv/), где *А ——* 4 см, v = 2 Гц. Определить скорость и ускоре- ние точки в положении *х ——* 1 см.
2. Две точки движутся вдоль оси х согласно уравнениям *xi* = *Ai* + *But +*

+ *Cir'* + *Dirи х —— А + But + Czt’ + D2/3 ,* где *В ——*1 м/с; *Су ——* 2 м/с'; *Di* = 0,1 м/сЗ; *Вz ——* 2 м/с; *С ——* 0,8 м/с'; *Dz ——* 0,2 м/сЗ. Каковы будут скорости точек, когда их ускорения окажутся одинаковыми?

1. Точки движутся вдоль оси *х* согласно уравнениям *х В t + С t°'* и х, = *Вzt + Сzt ,* где *В ——* 1 м/с; *С ——* 4 м/с; *Сz ——* 2 м/с'. Определить ускоре- ния точек в момент времени, когда скорость первой из них равна нулю.
2. Две точки движутся вдоль оси х так, что скорость первой из них меняется согласно уравнению v = *Bt + Ct ,* где *В —— 8* м/с'; *С* —— —1 м/с', а ско- рость второй постоянна и равна v, = 12 м/с. Определить расстояние между точками, когда их ускорения окажутся одинаковыми, если при / = 0 коор- динаты точек были равны xi = 0 м и х = 10 м. Каким будет это расстояние через i = 8 с после начала движения?
3. Две точки движутся вдоль оси х согласно уравнениям xi = *i i›'* + *Ct '* и х *Вzt,* где *В ——* 1 м/с'; *С ——* —8 м/с; *Вz ——* 2 м/с. Определить скорости точек в момент, когда их ускорения одинаковы.
4. Зависимость пути s, пройденного телом, от времени / определя- ется уравнением s = *At + Bt ,* где Л —— —1 м/с; *В ——* 0,5 м/с'. В какой момент времени тангенциальное ускорение *а,* будет равно нормальному ускоре- нию nn› если радиус кривизны траектории Л = 1 м? Определить также пол- ное ускорение п в этот момент времени.
5. Точка движется согласно уравнению пройденного пути s = *At + Bf 3 ,*

где *А ——* l м/с; *В ——* l м/с'. Определить радиус кривизны траектории в момент, когда полное ускорение п = 10 м/с', а нормальное ускорение <п' м/с'.

1. Траектория движения точки задается уравнениями х = *At* иу ——*В/',*

где *А ——* 3 м/с; *В ——* 1 м/с2. Определить угол между полным и нормальным ускорениями в момент времени / = 2 с, когда радиус кривизны траектории Л = 21 м. Начертить траекторию за первые две секунды движения.

1. Траектория движения точки задается уравнениями х = *Acosat* и у = *Bsinю/,* где *А —— В ——* 1 м; ю = 2п с '. Начертить траекторию движения и найти ускорение, с которым движется точка.
2. Тело брошено с высоты *Н ——* 10 м вверх под углом ct = 30° к го- ризонту с начальной скоростью vo = 20 м/с. Записать уравнение траектории тела и определить ее кривизну через / = 4 с после начала движения.
3. Тело брошено вверх под углом ct = 60° к горизонту с начальной скоростью vo = 30 м/с. Определить координаты тела, тангенциальное и нормальное ускорения через / = 1 с после начала движения.
4. С самолета, летящего со скоростью v = 180 км/ч на высоте *Н ——*100 м, сбрасывают груз. Определить длину вектора перемещения груза до точки падения, а также направление движения груза в момент касания земли.

61

1. Скорость вращения колеса радиусом Л = 1 м изменяется по за-

###### кону ю = и0 — *At3,* где ио = 32 с , *А ——*4 с '. Определить путь, пройденный точ-

ками обода колеса до остановки.

1. Угловое перемещение, совершаемое диском радиуса Л = 0,5 м, изменяется по закону ip = *Bt — Ct ,* где *В ——* 16 с ', С = 4 с '. Определить ус- корение точек обода колеса в момент остановки и число оборотов, которое сделает к этому времени колесо.
2. Колесо вращается равноускоренно и делает *N ——*240 оборотов за время / = 2 мин. Определить начальную частоту вращения и угловое ускорение колеса, если в конце движения колесо вращалось с частотой п = 600 об/мин.
3. В рельсотроне, или электромагнитной пушке, снаряд разгоняет- ся магнитным полем. Какова должна быть длина разгонного участка рель- сотрона, чтобы снаряд за t = 0,01 с разгонялся до скорости v = 8 км/с? Счи- тая силу магнитного воздействия на снаряд постоянной, определить, во сколько раз она превышает вес снаряда на поверхности Земли.
4. Скорость шарика, падающего вниз в глицерине, меняется со вре- менем по закону v = vo 1 — *е ‘),* где vo = 6,1 см/с; ct = 140 с 1. Определить плот- ность шарика pp, если известно следующее: 1) через / = 0,01 с после начала движения сила вязкого трения по модулю в 3 раза больше равнодействующей всех сил, приложенных к шарику; 2) плотность глицерина Pr' l $25•103 кг/м3.
5. Сила сопротивления, действующая на пузырек пара, поднимаю-

щийся в жидкости, определяется по формуле Стокса *Fc* 67IЛpv, где Л — радиус пузырька; тј — коэффициент вязкости жидкости; v — скорость дви- жения пузырька. Определить коэффициент вязкости жидкости, если Л = 3 мм, а скорость движения пузырька постоянна и равна v = 0,02 м/с. Плотность

пapa считать пренебрежимо малой по сравнению с плотностью жидкости pq = I г/см

1. Космонавт массой m = 70 кг проходит испытание во вращающейся центрифуге, сидя в кресле, удаленном от оси вращения на расстояние / = 2 м. Сравните максимальный вес космонавта при вращении центрифуги с пери- одом обращения *Т ——* 4 с в горизонтальной и вертикальной плоскостях.
2. Проволока выдерживает груз массой ш, = 110 кг при вертикаль- ном подъеме его с некоторым ускорением и груз массой ш, = 690 кг при опускании его с таким же по модулю ускорением. Какова максимальная масса груза, который сможет выдержать эта проволока, если поднимать его с постоянной скоростью?
3. Атлет раскручивает молот (шар массой *т ——* 7 кг, привязанный к тросу) так, что шар движется по окружности радиусом Л = 1 м, а путь, пройденный шаром во время раскрутки, растет в соответствии с уравнением *s = Bt + Ct ,* где *В ——* 4 м/с; *С ——* 2 м/с'. Tpoc выдерживает нагрузку *Fz ——* 14 кН. Какой запас прочности *F / F)* имеет трос в момент броска молота, если продолжительность раскрутки / = 4 с?
4. На краю круглой платформы радиусом Л = 2,35 м лежит шайба. Платформа вращается так, что путь, проходимый шайбой, растет в соот- ветствии с уравнением s = *Ct ,* где С = 0,5 м/с'. В какой момент времени шайба соскользнет с платформы, если коэффициент трения g = 0,2?
5. Машина Атвуда, представляющая собой систему из двух тел мас- сами ш и ш„ соединенных невесомой нитью, перекинутой через невесо- мый блок, может быть использована для взвешивания тел. Определить массу тела жі, если тело массой m, = 2 кг движется вниз с ускорением п = 1,4 м/с'.
6. На краю горизонтальной плоскости установлен невесомый блок,

через который перекинута нерастяжимая и невесомая нить, соединяющая два груза. Один груз движется вертикально и имеет массу жі = 2 кг, а другой движется горизонтально и имеет массу m, = 1,5 кг. Определить ускорение,

с которым движутся грузы, если коэффициент трения для плоскости g = 0,2.

1. Молот массой *т ——* 1 т падает на наковальню с высоты *Н ——* 127 см. Длительность удара dl = 0,01 с. Определить среднее значение силы удара.
2. На прямолинейно движущееся со скоростью v = 5 м/с тело массой m = 2 кг действует в направлении движения убывающая по времени сила *F —— Fo — At,* где*t o* = 5 Н; *А ——* 2,5 Н/с. Каков будет импульс тела по оконча- нии действия силы?
3. Модуль силы, действующей в направлении движения тела, из- меняется согласно уравнению *F —— At — Bt , те А ——* 2 Н/с; *В ——* 3 Н/с'. Опре- делить изменение импульса тела к моменту окончания действия силы.
4. Тело массой m = 2 кг равномерно вращается по окружности ра- диуса Л = 20 см. Определить модуль изменения импульса тела при поворо- те на угол ‹р = 60°, если период вращения *Т ——* 2 с.
5. Определить давление газа на стенки сосуда при следующих ус- ловиях: 1) масса одной молекулы ш = 3,3- 10 ' 7 кг; 2) скорость молекулы v = 2 км/с; 3) число молекул, движущихся по нормали к стенке сосуда, со- ставляет п = 10' 9 на 1 смЗ объема сосуда.
6. Одним из движителей космических кораблей может быть «све- товой парус» — зеркальная пленка, получающая импульс при падении на нее света. Начальная скорость корабля v, = 7,9 км/с (первая космическая), конечная скорость v, = 11,2 км/с (вторая космическая). Сколько фотонов (частиц света) должно отразиться от светового паруса при следующих ус- ловиях: 1) свет падает на парус по нормали; 2) масса корабля с парусом *т ——* 500 т; 3) масса фотона ш = 0,5 10°" кг?
7. Какой импульс получит покоящийся электрон при попадании в него у-кванта при следующих условиях: 1) масса падающего у-кванта

mi = 3,3- 10 30 кг; 2) масса рассеянного у-кванта m, = 0,71- 10 30 кг; 3) угол

между направлениями движения падающего и рассеянного у-квантов равен 9 = 90°?

1. Фотон падает по нормали на металлическую пластинку и в ре-

зультате фотоэффекта выбивает из нее электрон, движущийся по норма- ли в направлении, противоположном направлению движения фотона. Какой импульс получит пластина при попадании в нее одного фотона,

если масса фотона *т —— 5* l0 °' 4 кг, а кинетическая энергия электрона рав- на *Те* 4ц1 10319Д ж?

1. Граната, летевшая со скоростью v = 15 м/с, разорвалась на два осколка. Больший осколок, масса которого составляет 60 % от массы всей гранаты, стал двигаться под углом ct = 30° к прежнему направлению со скоростью vi = 250 м/с. Найдите модуль скорости v, меньшего осколка.
2. Снаряд, летевший в воздухе горизонтально со скоростью v = 50 м/с

на высоте *h ——*80 м, разорвался на две равные части. Один из осколков полетел вниз и упал на землю через 2 с после разрыва. Определите угол по отношению к горизонту, в направлении которого полетел второй осколок, и его скорость.

1. Для сбора космического мусора на околоземной орбите может быть использована сеть-ловушка. С какой скоростью станет двигаться кос- мический «мусорщик» массой m = 50 т, оборудованный такой сетью и имею- щий скорость vi = 8,050 км/с, после захвата вышедшего из строя спутника массой ш2 = 1 т, двигавшегося в момент захвата в том же направлении, что и «мусорщик», со скоростью v, = 8,000 км/с?
2. Тело массой ш = 0,5 кг движется прямолинейно так, что его ско- рость меняется согласно уравнению v = Л(1—е *D’),* где *А ——* 1 м/с; *D ——* 1 с ' Определить работу сил, действующих на тело, за первые две секунды дви- жения и развиваемую ими мощность в конце движения.
3. Тело массой *т —— I* кг, теплоемкость которого С = 453 Дж/К, co- скальзывает без начальной скорости с наклонной плоскости высотой *h —— I* м. Определить скорость тела в конце плоскости, если, соскользнув, оно нагре- лось на dГ —— 0,015 К.
4. При забивании сваи массой ш = 0,5 т копер массой ш2 = 1 т па- дает с высоты *h ——* 1,5 м. Считая удар копра о сваю неупругим, определить, на какую глубину она погрузится в грунт, если средняя сила сопротивле- ния грунта *Fc* 200 кН.
5. Пуля массой m пробивает ящик с песком массой 4s и застревает

в другом таком же ящике. Начальная скорость пули v = 800 м/с на вылете из I-го ящика уменьшается в 2 раза. Определить: 1) начальную скорость l-ro ящика с песком; 2) отношение количеств теплоты *Q* / *Qz,* выделив- шихся в l-м и 2-м ящиках.

1. Тело массой *т —— 5* кг под действием постоянной силы начинает двигаться из состояния покоя равноускоренно и, пройдя путь / = 16 м, при- обретает скорость v = 8 м/с. Найдите максимальную и среднюю мощность N этой силы в процессе движения тела.
2. Потенциальная энергия двух сt-частиц, находящихся на расстоя- нии *г* друг от друга, вычисляется по формуле *U ——Lr°',* где *L ——* 9,56- 10°' 8 Н-м'. До какого минимального расстояния смогут сблизиться сt-частицы, начи- нающие двигаться из бесконечности навстречу друг другу с относительной скоростью сближения v = 3 106 м/с?
3. Долбежный станок, мощность двигателя которого N = 480 Вт, за

/ = 5 мин прорезает паз глубиной *h ——* 18 мм и длиной / = 100 мм. Опреде- лить КПД привода станка (отношение работы резания к энергии, потреб- ляемой станком) при следующих условиях: 1) увеличение глубины паза за один проход резца, равный /, составляет *bh ——* 0,5 мм; 2) усилие резания со- ставляет *фр*' l OH.

1. Пружина сжата на xi = 10 см. Какая работа будет совершена при дополнительном сжатии пружины до z, = 15 см, если сила упругости в кон- це сжатия *Fz ——* 150 Н?
2. Определить мощность гидропривода, если при давлении *Р ——*500 кПа поршень, площадь которого S = 100 см', равномерно перемещается на рас- стояние / = 100 мм за i = 2 с.
3. С двух горок одинаковой высоты *Н ——* 9 м одновременно начи- нают скатываться два шарика массами *т ——* 1 кг и ш, = 2 кг навстречу друг другу. Определить высоту *h,* на которую поднимутся шарики после абсо- лютно неупругого столкновения, а также количество теплоты *Q,* выделив- шейся при соударении. Трение в системе отсутствует. Размерами шариков можно пренебречь.
4. Рассчитать момент инерции квадратной рамки общей массы 4 кг со сторонами длиной по 0,6 м. Ось вращения проходит через центры двух противоположных сторон рамки.
5. Рассчитать момент инерции полого шара массой 6 кг относи- тельно оси, проходящей через его центр. Радиус шара 20 см, радиус полос- ти, расположенной в центре шара, равен 10 см.
6. Обруч диаметром *D ——* 1 м и массой ш = 400 г раскручивается во- круг оси, проходящей через его центр и перпендикулярной к его плоско- сти. Уравнение движения обруча имеет вид ip = *А + Bt + Ct ,* где *С ——* 0,5 с ' Определить крутящий момент, действующий на обруч.
7. На краях доски длиной *L ——* 3 м и массой *М ——* 30 кг сидят дети массой по m = 20 кг каждый. Доска уравновешена на опоре, проходящей через ее центр. С каким угловым ускорением начнет двигаться доска, если один из детей создаст вертикальное усилие *F ——* 15 Н?
8. К невесомой нити, намотанной на однородный цилиндрический барабан массой *mi* = 2 кг, привязан груз массой ш, = 4 кг. Ось вращения барабана горизонтальна и неподвижна. С какой скоростью будет двигаться груз через i = 2 с после того как его отпустили?
9. Два груза, массы которых жі 1,5 кг и *mz* 0,5 кг, соединены не- весомой нитью, перекинутой через блок, представляющий собой пустотелый шкив массой *mз* = 1 кг. Тяжелый груз висит на 0,5 м выше более легкого гру- за. Определить время, через которое грузы окажутся на одной высоте.
10. На краю горизонтальной плоскости установлен блок, представ- ляющий собой однородный диск диаметром *d ——* 6,6 см. Macca блока *т ——* 3 кг. Через блок перекинута нерастяжимая невесомая нить, соединяющая два груза, один из которых движется вертикально и имеет массу ml = 2 кг, а дру- гой движется горизонтально и имеет массу m = 1,5 кг. Коэффициент тре- ния для плоскости g = 0,1. Сколько оборотов *N* сделает блок за промежу- ток времени А/ = 0,5 с после начала движения?
11. На однородный барабан массой ш = 3 кг действует тормозящий мо- мент *М ——* 15 мН- м так, что угловая скорость ю барабана меняется со временем согласно уравнению ю = *В + Ct,* где *В ——* 16 с '; С= —1 с '. Определить: I) диаметр барабана; 2) число оборотов, которое он сделает до полной остановки.
12. Стержень длиной *L —— I* м закреплен в точке, отстоящей от его

верхнего конца на 20 см. Стержень отклонили от вертикали на угол 30° и отпустили. Определить угловое s и тангенциальное п, ускорение нижне- го конца стержня в начальный момент движения.

1. Определить момент сил *М,* действующих на пулю калибра *d ——* 7,62 мм и массой ш = 10 г в стволе винтовки длиной / = 0,6 м, если изве- стно: 1) пуля представляет собой однородный цилиндр; 2) при вылете из ствола пуля успевает сделать *N ——*4 полных оборота и имеет скорость v = 600 м/с;
2. пуля в стволе движется равноускоренно.
3. Определить высоту, на которую может подняться шар, запу- щенный со скоростью vo = 4 м/с вверх по наклонной плоскости. Трением пренебречь. Шар вращается без проскальзывания.
4. Определить линейную скорость вершины спиленного дерева в конце падения. Дерево считать однородным стержнем длиной / = 15 м.
5. Стержень длиной 1,5 м может вращаться относительно оси, от- стоящей на 0,5 м от одного из его концов. Стержень поставили вертикаль- но более длинной частью вверх и отпустили. Определить его угловую ско- рость и линейные скорости концов стержня в момент прохождения им ниж- него вертикального положения.
6. При отказе двигателя вертолета и остановке винта, произошед- шей на высоте *hi* = 600 м, пилот перешел в режим авторотации, и винт стал раскручиваться потоком воздуха, набегающим при падении вертолета. Оп- ределить высоту *hz,* на которой возможно возникновение подъемной силы винта, если известно: 1) подъемная сила возникает при скорости вращения

винта п = 900 об/мин; 2) винт имеет четыре лопасти, каждую из которых можно считать однородным стержнем длиной / = 4 м и массой шq = 50 кг;

3) масса вертолета (без винта) в' 1 т; 4) скорость падения вертолета на высоте *hу* равна v = 20 м/с.

1. Манипулятор за / = 2 с равноускоренно перемещает груз массой m = 5 кг по дуге, радиус которой Л = 1,5 м. Определить максимальную мощ- ность привода манипулятора, если известно: 1) момент инерции манипуля- тора Ј= 15 кг - м'; 2) угол поворота d‹p = 90°; 3) груз можно считать точеч- ной массой.
2. На вращающееся тело действует механический момент, изменяю-

щийся по закону *М —— Мо+ At,* гдеt -o

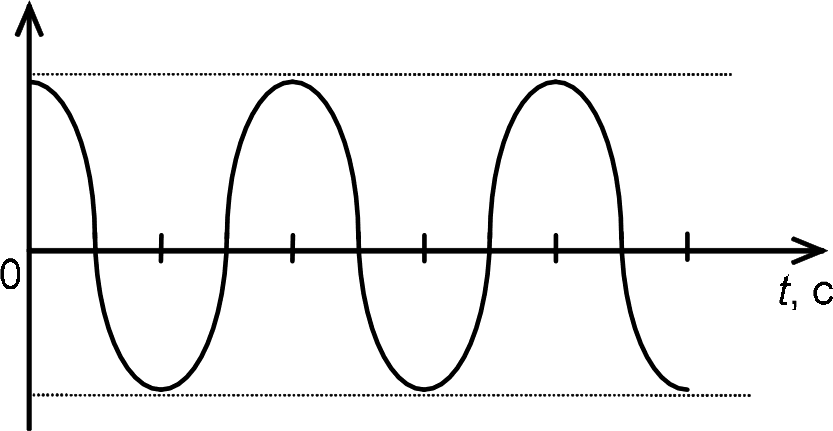
100 Нам; *А ——*200 (Н м/с). На сколько

изменится момент импульса этого тела за время /= 1,5 с?

1. Горизонтальная платформа массой 100 кг и радиусом 1 м вра- щается с частотой п, = 0,5 об/с вокруг вертикальной оси, проходящей через центр инерции платформы. Человек массой 60 кг стоит на краю платфор- мы. С какой частотой п, будет вращаться платформа, если человек сойдет с платформы? Считать платформу диском, а человека материальной точкой.
2. Фигурист массой *т ——* 70 кг начинает вращение с частотой в = 1 об/с, держа руки горизонтально. С какой частотой он будет вращаться, если подни- мет руки вертикально? Тело фигуриста считать однородным цилиндром радиу- са 15 см, руки — стержнями по 0,75 м и массой по 5 кг каждый.
3. Во вращающийся с угловой скоростью ю = 5  массой

*M——* 10 кг и радиусом Л = 10 см попадает пуля массой ш = 10 г со скоростью v = 600 м/с. Определить угловую скорость вращения диска с пулей ю и рабо- ту, совершенную силами сопротивления, если направление полета пули лежа- ло в плоскости вращения диска на расстоянии 5 см от его оси вращения.

1. На вращающийся диск массой *М ——* 2 кг и радиуса Л, = 1 м бро- сают без вращения обруч массой *т ——* 1 кг радиуса Л, = 0,5 м. На сколько изменится угловая скорость вращения системы, если после падения обруча на диск его центр будет находиться на расстоянии / = 0,25 м от оси враще- ния диска? Начальная скорость вращения диска ю = 2 с
2. Максимальное смещение гармонически колеблющейся на пру- жине материальной точки равно 20 см. Определить скорость точки в момент, когда ее смещение от положения равновесия равно половине амплитуды т = А / 2. Жесткость пружины k = 200 Н/м, масса точки ш = 20 г.
3. Скорость колеблющейся материальной точки массой 500 г из- меняется в соответствии с графиком, представленным на рис. 3.1. Записать законы изменения во времени координат и ускорения точки, нарисовать их графики. Определить полную энергию колеблющейся точки.

*V,* см/с

10

—10

0,2

Рис. 3.1

0,4

1. Записать уравнение и начертить траекторию результирующего колебания, возникающего при сложении двух взаимно перпендикулярных колебаний, происходящих по закону х = 3sin(2/) и *у ——* 4cos(2/ + п) см. Ука- зать начальную точку.
2. Разность фаз двух гармонических осцилляторов одинакового пе- риода *Т —— 8 с,* одного направления и одинаковой амплитуды А = 2 см со- ставляет n/4. Начальная фаза одного из них равна нулю. Написать уравне- ние движения, возникающего в результате сложения колебаний. Начертить его график.
3. Определить изменение периода колебаний математического ма- ятника с длиной подвеса 2,45 м при перенесении его с Земли на Луну. Macca Луны в 81 раз меньше массы Земли, а радиус Земли в 3,7 раза боль- ше радиуса Луны.
4. Два математических маятника имеют частоты колебаний 1 Гц и 2 Гц соответственно. Определить период колебаний третьего маятника, длина которого равна полусумме длин двух указанных маятников.
5. Тонкий обруч радиусом Л = 50 см подвешен на вбитый в стену гвоздь и колеблется в плоскости, параллельной стене. Определить период колебаний обруча.
6. Физический маятник выполнен в форме правильного креста из двух одинаковых стержней длиной 50 см каждый. Определить период ко- лебаний маятника, если ось колебаний проходит через верхний конец од- ного из стержней.
7. Логарифмический декремент затухания равен 0,01. Определить число полных колебаний *N po* уменьшения амплитуды в 3 раза.
8. Вагон массой ш = 80 т имеет рессоры жесткостью *k по* 500 кН/м каждая. Определить длину рельса, если известно, что при скорости движе- ния вагона U= 36 км/ч он начинает сильно раскачиваться.

## Молекулярная физика

1. Определить молярную массу, плотность и концентрацию газо- вой смеси, состоящей из 16 г углекислого газа, 14 г азота и 16 г кислорода и заключенной в сосуде объемом 4 л.
2. Вода объемом U= 3 л выкипает из кастрюли за 1 ч. Определить среднее число испаряющихся за 1 с молекул воды.
3. Определить расстояние между ближайшими атомами кубиче- ской кристаллической решетки железа, если на одну элементарную куби- ческую ячейку приходится один атом железа.
4. Определить плотность и концентрацию низкотемпературной азот- ной плазмы, если атомарная концентраЦИЯ а' 2 l 0'8 м°', а степень дис- социации плазмы ct = 80 %.
5. Сосуд заполнен смесью газов в количестве 21 г азота и 176 г ки- слорода. Определить объем сосуда и плотность смеси, если ее концентра- ция равна 3 13 0 см°'
6. Определить молярную массу высокотемпературного сверхпро- водника *RbCs С6о.* синтезируемого путем легирования сферических моле- кулярных кристаллов фуллерена *С6о* атомами щелочных металлов. Опреде- лить массу поверхностного сверхпроводящего слоя площадью 1 мм' и тол- щиной 3,5 им, считая диаметр одной кристаллической сферы 0,7 им.
7. Определить концентрацию атомов, сравнить объемную плот- ность вещества в оболочке и в объеме одного молекулярного сферического кристалла фуллерена *С6о.* Толщина сферической оболочки фуллерена рав- на 0,1 им, радиус молекулы *С6о* равен 0,357 им.
8. Определить количество вещества и поверхностную плотность атомов углерода в однослойной нанотрубке средним диаметром 20 им и длиной 10 мкм, приняв среднее межатомное расстояние в атомном слое (графене) в 0,246 им.
9. Газ находится в 10-литровом сосуде при нормальных условиях. Вакуумный насос может отказать газ до давления 10 6 атм. Сколько моле- кул будет откачано из сосуда? Сколько их останется в сосуде?
10. Литр неизвестного газа при / = 0 °С и давлении 1 атм имеет мас- су ш = 0,0894 г. Какой это газ и сколько атомов он содержит при данных условиях?
11. Кислород находится при нормальных условиях, занимая объем U= 4 л. Определить внутреннюю энергию газа *U,* а также среднюю кине- тическую энергию (в,) его молекул при температуре *Т ——* 300 К.
12. Определить суммарную кинетическую энергию *Е* поступатель- ного движения всех молекул газа, находящегося в сосуде объемом U= 3 л под давлением *Р ——* 540 кПа.
13. В высокотемпературной изотермической *Т ——* 107 К) водородной плазме Солнечной короны электронная концентраЦИЯ *е* 0" М '. Считая, что в плазме при данных условиях ионизировано 100 % и диссоциировано 50 Ol o от общего числа частиц газа, определить суммарную кинетическую энергию *Е* поступательного движения всех ионов плазмы в объеме U= 1 м'.
14. Молярная внутренняя энергия *U* некоторого двухатомного газа равна 5,02 Дж/моль. Определить среднюю кинетическую энергию враща- тельного движения Йgp одной молекулы этого газа. Газ считать идеальным.
15. Баллон содержит кислород при давлении *Р ——* 2 MПa. Найти его плотность, если средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы кислорода *Е ——* 6,21 10°' Дж.
16. Определить среднюю квадратичную скорость (vp) молекул газа мас- сой ш = 0,3 г, заключенного в сосуд объемом U= 2 л под давлением *Р ——*200 кПа.
17. Азот находится при температуре *Т ——* 300 К. Найти среднюю ки- нетическую энергию вращательного движения ( вру Одной молекулы, а так- же суммарную кинетическую энергиЮ *Ек* всех молекул газа. Macca азота в сосуде *т ——* 0,7 кг.
18. Давление кислорода, находящегося в сосуде объемом U= 4 л при температуре i = 27 °С, составляет *Р ——* 0,5 MПa. Определить суммарную кинетическую энергию поступательного движения *Е* молекул газа в cocy- де после увеличения его средней тепловой скорости в 2 раза.
19. Определить наиболее вероятную скорость vв молекул хлора, за- ключенного в сосуд объемом 3 л в количестве двух молей под давлением *Р ——* 100 кПа.
20. Найти среднюю тепловую скорость молекул аммиака *NHз .* а также кинетическую энергию вращательного движения всех молекул газа массой 85 г при температуре / = 127 °С.
21. Баллон объемом U= 20 л заполнен азотом при температуре t = 27 °С. Когда часть газа израсходовали, давление в баллоне снизилось на dH —— 50 кПа. Определить массу израсходованного азота при изотер- мическом процессе.
22. В баллоне объемом U= 25 л находится аргон под давлением *Р ——* 600 кПа при температуре *T ——* 350 К. Когда из баллона было взято не- которое количество газа, давление в нем понизилось до *Рz ——* 400 кПа, а тем- пература установилась *Tz ——*280 К. Определить массу аргона, взятого из баллона.
23. В комнате объемом U = 60 м температура понизилась с / = 17 °С до t, = 7 °С, а давление изменилось от *Р ——* 1,05 10’ Па до *Рz ——* 1,03 105 Па. На какую величину изменилась масса воздуха в комнате? Молярная масса воздуха ц 29 10°' кг/моль.
24. В баллон емкостью U = 12 л поместили азот массой *т* 1,5 кг при температуре i i = 600 К. Какое давление *Р* станет создавать азот в бал- лоне при температуре *Tz ——* 320 К, если 35 % азота будет выпущено? Каково было начальное давление °'•i"
25. Вычислить плотность водорода, находящегося в баллоне под

давлением *Р ——* 4 MПa и имеющего температуру *T——* 300 К.

1. Определить плотность р водяного пара, находящегося под дав- лением *Р ——* 4,5 кПа и имеющего температуру *Т ——* 350 К.
2. Имеются два баллона емкостью U, = 5 л и U = 2 л, соединенные трубкой с краном. Давление газа в первом и во втором баллоне соответст- венно \*'i = 1,2 10’ Па и *Р ——* 2 10’ Па. Температура в обоих баллонах оди- накова. Какое давление установится в баллонах, если открыть кран?
3. Газ имеет плотность р = 1,4 кг/мЗ при температуре *Т ——* 600 К и давлении *Р ——* 2,5 атм. Определить, какой газ находится в сосуде.
4. В сосуде объемом U = 30 л содержится идеальный газ при тем- пературе i = 0 °С. После того как часть газа была выпущена наружу, давле- ние в сосуде понизилось на АР = 0,78 атм без изменения температуры. Найти массу выпущенного газа. Плотность данного газа при нормальных

условиях считать равной 1,3- 1033 кг/л.

1. Два сосуда одинакового объема содержат хлор. В одном сосуде дав- ление *i i* = 1,5 MПa и температура i i = 600 К, а в другом — давление *Рz ——* 2 MПa и температура *Tz ——* 250 К. Сосуды соединили трубкой и охладили в них хлор до температуры *T——* 200 К. Определить установившееся в сосудах давление.

### Термодинамика

1. Плотность некоторого газа при нормальньт условиях р = 1,25 кг/м3. Отношение удельных теплоемкостей др ' v' 134. Определить удельные те- плоемкости Cp и <v Этого газа.
2. Количество теплоты, необходимое для нагревания газа на 25 К

при постоянном давлении, равно 500 Дж, а количество теплоты, выделяе- мое при охлаждении этого же газа на dГ —— 75 К при постоянном объеме, равно 1070 Дж. Определить показатель адиабаты для этого газа.

72

1. Закрытый баллон вместимостью 0,8 м'заполнен азотом под давле- нием 2,3 MПa при температуре 20 °С. Количество теплоты, переданное газу, равно 4,5 МДж. Определить температуру и давление газа в конце процесса.
2. Двухатомный газ находится в закрытом баллоне емкостью 5 дмЗ

под давлением 0,5 MПa. После нагревания давление в баллоне увеличи- лось в 4 раза. Определить количество теплоты, переданное газу.

1. Расширяясь, трехатомный газ совершает работу, равную 245 Дж. Какое количество теплоты бьшо передано газу, если он расширялся изобарно?
2. Во время изобарного сжатия при начальной температуре 100 °С объ- ем кислорода массой 10 кг уменьшился в 1,5 раза. Определить работу, совер- шаемую газом, количество отведенного тепла и изменение внутренней энергии.
3. Аргон массой 10 г нагрет на 100 К при постоянном давлении. Определить количество теплоты, переданное газу, приращение внутренней энергии и работу, совершенную газом.
4. Одноатомный газ, находящийся под давлением 0,3 MПa, изобар- но расширяется от 2 до 7 дм'. Определить работу, совершенную газом, при- ращение внутренней энергии и количество подведенного тепла.
5. Углекислый газ массой 4,4 г, находящийся первоначально под давлением 0,01 MПa при температуре 87 °С, адиабатно сжимают до l/20 его начального объема. Определить конечную температуру и давление га- за, приращение внутренней энергии и работу, совершенную газом.
6. Кислород массой 3,2 г, находящийся при температуре 20 °С, ади- абатически расширяется, в результате чего его давление уменьшается от *Р ——* 1 MПa до *Р ——* 0,38 MПa. Определить: 1) во сколько раз увеличивается объем газа; 2) температуру в конце процесса; 3) работу, совершенную га- зом, и изменение его внутренней энергии; 4) какое количество теплоты не- обходимо сообщить газу при постоянном объеме, чтобы его температура снова повысилась до 20 °С.
7. Двигатель мотоцикла имеет рабочий цилиндр объемом 200 смЗ.

В процессе работы двигателя в цилиндре происходит адиабатическое pac- ширение рабочей смеси при начальном давлении *Р ——* 20 атм. Рабочая смесь состоит из смеси воздуха и паров горючего. Степень сжатия двига- теля, представляющая собой отношение максимального объема рабочей смеси к ее минимальному объему, равна ct = 6. Какую мощность развивает двигатель при частоте вращения п = 3000 об/мин? Рабочую смесь считать двухатомным идеальным газом.

73

1. Степень сжатия бензинового двигателя (отношение максималь- ного объема рабочей смеси к ее минимальному объему) равна ct = 8. Найти отношение температуры выхлопа к температуре горения. Расширение счи- тать адиабатическим, а рабочую смесь (смесь воздуха и паров бензина) — двухатомным идеальным газом.
2. Тепловой двигатель работает по замкнутому циклу, состоящему из двух изохор и двух изобар. Определить КПД тепловой машины, если давление и объем в цикле изменяются в 2 раза. Рабочее тело считать двух- атомным газом.
3. Цикл работы теплового двигателя состоит из двух изохор и двух изобар. Давление в цикле изменяется в 2, а объем — в 3 раза. Определить работу, совершаемую в цикле и КПД тепловой машины, если минимальные значения термодинамических параметров в цикле следующие: \*'о = 1 атм, Го = 10 л. Рабочее тело — трехатомный газ.
4. Газ, совершающий цикл Карно, КПД которого равен р = 25 ОД,

при изотермическом расширении производит работу 240 Дж. Какова рабо- та, совершаемая газом при изотермическом сжатии?

1. Тепловая машина, работающая по циклу Карно, за один цикл отдает холодильник *ix* 400 Дж тепла. Определить КПД двигателя и ра- боту, совершаемую им за цикл, если температура нагревателя fq = 327 °С, а температура холодильника х' 27 °С.
2. Температура нагревателя тепловой машины, работающей по

циклу Карно, ён' 373 К, а температура холодильника *Tx* 273 К. Работа цикла составляет *А ——* l кДж. Изобразить этот цикл в координатах «S ‹-+ *Т».* Определить AS — разность максимального и минимального значений эн- тропии S рабочего тела.

1. Водяной пар массой 1 кг сжимается от давления 0,2 MПa при температуре 40 °С до давления 4,5 MПa при температуре 253 °С. Опреде- лить приращение энтропии в процессе сжатия.
2. В результате изотермического сжатия воздуха объемом U = 887 дмЗ,

находящегося при температуре 30 °С и начальном давлении 0,1 MПa, его энтропия уменьшилась на 573 Дж/К. Определить объем U2 воздуха в конце процесса. Воздух считать двухатомным газом.

1. Углекислый газ в количестве 5 моль переход~~ит~~ из состояния с на- чальной температурой 27 °С в состояние с температурой 177 °С. Определить изменение энтропии газа, если его объем при этом возрастает в 2 раза.

# Электростатика

1. Найти силу электростатического притяжения между ядром ато- ма водорода и электроном. Радиус атома водорода 0,5 10 8 см, заряд ядра численно равен и противоположен по знаку заряду электрона. Сравнить эту силу с их силой гравитационного взаимодействия.
2. Два точечных заряда, находясь в воздухе (s = 1) на расстоянии 20 см друг от друга, взаимодействуют с некоторой силой. На каком расстоянии нужно поместить эти заряды в масле, чтобы сила взаимодействия не изменилась?
3. Найти напряженность электрического поля в точке, лежащей посередине между точечными зарядами q = 8- 10 9 Кл и g = —5 10 9 Кл,

находящимися в воздухе (в = 1) на расстоянии *г ——* 10 см.

1. В центре квадрата, в вершинах которого находится по заряду, равному 7 10 9 Кл, помещен отрицательный заряд. Найти этот заряд, если результирующая сила, действующая на каждый заряд, равна нулю.
2. Расстояние между двумя точечными зарядами g = 22 нКл и g = 34 нКл равно 5 см. Найти напряженность и потенциал электриче- ского поля в точке, находящейся на расстоянии 3 см от положительного заряда и 4 см от отрицательного заряда.
3. Медный шар диаметром 1 см помещен в масло. Плотность масла р = 800 кг/м3. Чему равен заряд шара, если в однородном электрическом поле шар оказался взвешенным в масле? Электрическое поле направлено вертикально вверх, а его напряженность *Е ——* 35 кВ/см.
4. Шарик массой 40 мг движется со скоростью v = 10 см/с и несет на себе положительный заряд, равный q = 1 нКл. На какое минимальное расстояние может приблизиться шарик к положительному точечному заря- ду, равному q2 = 1,4 нКл?
5. На какое расстояние могут сблизиться два электрона, если они движутся навстречу друг другу с относительной скоростью v = 108 см/с?
6. Два шарика с зарядами g = 7 нКл и q2 = 15 нКл находятся на расстоянии п = 40 см. Какую работу нужно совершить, чтобы сблизить их до расстояния *п ——* 25 см?
7. Шарик массой 0,1 г и зарядом 10 8 Кл влетает со скоростью 20 см/с в однородное электростатическое поле с напряженностью *Е ——* 2 кВ/м и дви- гается в нем, смещаясь в направлении поля на расстояние 10 см. Какова будет скорость шарика в конце траектории, если он влетел перпендикуляр- но направлению поля?
8. Две проводящие сферы заряжены одинаковыми зарядами g = 6 мКл. Потенциал меньшеи сферы ‹р = 3 В. Радиусы сфер различаются в два раза. Какими будут заряды и потенциалы в системе после соединения сфер тон- кои проволочкои?
9. В плоском горизонтально расположенном конденсаторе, расстоя- ние между пластинами которого *d —— I* см, находится заряженная капелька массои *т ——* $ 1031 ' г. При отсутствии электрического поля капелька вслед- ствие сопротивления воздуха падает с некоторои постояннои скоростью. Наити заряд капельки, если при разности потенциалов между пластинами конденсатора *U ——* 600 В капелька падает вдвое медленнее.
10. Между двумя вертикальными пластинами на одинаковом рас- стоянии от них падает пылинка. Вследствие сопротивления воздуха ско- рость пылинки постоянна и равна v — 2 см/с. Через какое время после по- дачи на пластины разности потенциалов *U ——* 3000 В пылинка достигнет од- нои из пластин? Какое расстояние / по вертикали пролетит пылинка до по- падания на пластину? Расстояние между пластинами *d ——* 2 см, масса пы- линки *т ——* 2- 1039 г, ее заряд q — 6,5- l0 °' 7 Кл.
11. Расстояние между пластинами плоского конденсатора равно 4 см.

Электрон начинает двигаться от отрицательнои пластины в тот момент, когда от положительнои пластины начинает двигаться протон. На каком расстоянии от положительнои пластины они встретятся?

1. Протон, ускоренныи электрическим полем длинои *di* — 10 см и на-

пряженностью i i = 100 В/м, попадает в поперечно направленное поле на- пряженностью *Еz ——* 20 В/м. Наити: 1) смещение протона от первоначально- го направления движения за время I = 5 мкс, 2) его кинетическую энергию в этот момент времени.

1. Электрон летит от однои пластины плоского конденсатора до другои. Разность потенциалов между пластинами 3 кВ, расстояние между пластинами 5 мм. Наити: 1) силу, деиствующую на электрон, 2) ускорение электрона, 3) скорость, с которои он достигает второи пластины.
2. Электрон, ускоренныи внешним электрическим полем, влетает в воздушныи конденсатор с плоскими квадратными обкладками на одина- ковом удалении от обкладок. Заряд конденсатора q — 1 нКл, расстояние между обкладками *d ——* 1 см, площадь обкладок S — 100 см'. Определить.

1) энергию конденсатора У, 2) минимальную ускоряющую разность по- тенциалов внешнего электрического поля *U,* необходимую для того, чтобы электрон вылетел из конденсатора.

76

1. Конденсатор емкостью 3 мкФ с площадью пластин 10 см' заря- жается от источника питания до напряжения 15 В. Найти напряженность электрического поля в конденсаторе.
2. Два конденсатора емкостью 20 и 30 мкФ включены последовательно на участке электрической цепи. Разность потенциалов на концах участка цепи равна 100 В. Найти заряды на каждом конденсаторе и энергию всей системы.
3. Площадь пластин плоского конденсатора равна 100 см', а рас- стояние между ними равно 5 мм и заполнено парафинированной бумагой. Какая разность потенциалов была приложена к пластинам конденсатора, если известно, что при разрядке конденсатора выделилось количество энергии, равное 4,19 мкДж? Определить также напряженность электриче- ского поля между обкладками.



1. Катушка из медной проволоки имеет сопротивление Л = 10,8 Ом. Macca проволоки m = 3,41 кг. Сколько метров проволоки и какого диамет- ра намотано на катушке?
2. Определить, в каких диапазонах может изменяться удельное со- противление углеродных нанотрубок, если при измерении сопротивления нанотрубок диаметром от 1,4 до 50 им и длиной от 1 до 5 мкм было полу- чено одинаковое значение, равное Л = 12,9 кОм. Рассчитать силу тока в на- нотрубке с минимальной проводимостью, если предельная плотность тока составляет max' 107 A/CM2.
3. Сила тока *i* в проводнике изменяется со временем согласно

уравнению *i* = *В + Ct,* где *В ——* 4 А; *С ——* 2 А/с. Какое количество электриче- ства проходит через поперечное сечение проводника за время от п = 2 с до

/ = 6 с? При какой силе постоянного тока *I* через поперечное сечение про-

водника проходит такое же количество электричества?

1. Два цилиндрических проводника равной длины, один из меди, а другой из алюминия, имеют одинаковые сопротивления. Во сколько раз медный провод тяжелее алюминиевого?
2. Вольфрамовая нить электрической лампочки накаливания имеет в накаленном состоянии температуру /= 2300 °С. Какова плотность у и сила тока /, протекающего по нити, если ее диаметр *d ——* 20 мкм, длина / = 0,5 м, а напряжение на нити *U ——*200 В? Удельное сопротивление вольфрама при 0 °С равно Po = 5,5- 10 8 Ом-м, температурный коэффициент сопротивления ct = 4,6 1033 К°'.
3. Элемент с ЭДС 1,1 В и внутренним сопротивлением 1 Ом замк- нут на внешнее сопротивление 9 Ом. Найти: 1) силу тока в цепи; 2) паде- ние потенциала во внешней цепи; 3) падение потенциала внутри элемента;

4) КПД источника.

1. Определить плотность и силу тока в плазменной дуге плазмо- трона, если концентрация электронов в дуге *no ——* 10" м°', диаметр дуги 5 мм, электронная температура *T, ——* 105 К.
2. При внешнем сопротивлении Л = 3,75 Ом в цепи протекает ток

\*i = 0,5 А. Когда в цепь последовательно с первым сопротивлением ввели еще сопротивление Л, = 1,0 Ом, сила тока стала *Iz ——*0,4 А. Найти ЭДС и внутреннее сопротивление г источника, а также определить силу тока короткого замыкания.

1. Электрическая цепь состоит из источника тока с ЭДС ь = 10 В и внутренним сопротивлением г = 2 Ом и параллельно подключенных со- противления Л = 3 Ом и конденсатора емкостью *С ——* 100 мкФ. Определить заряд на обкладках конденсатора.
2. Имеются два одинаковых элемента с ЭДС 2 В и внутренним со- противлением 0,3 Ом. Как надо соединить эти элементы (последовательно или параллельно), чтобы получить большую силу тока в следующих слу- чаях: 1) внешнее сопротивление 0,2 Ом; 2) внешнее сопротивление 16 Ом? Вычислить силу тока в каждом из этих случаев.
   1. Электромагнетизм
3. По контуру в виде равностороннего треугольника течет ток си- лой 50 А. Сторона треугольника равна 20 см. Определить магнитную ин- дукцию *В* в точке пересечения высот.
4. По двум бесконечно длинным прямым проводникам текут, как показано на рис. 3.2, одинаковые токи силой / = / = 60 А. Определить магнитную индукцию *В* в точке *А,* равноудаленной от проводников на рас- стояние *d ——* 10 см. Угол ct = 60°.







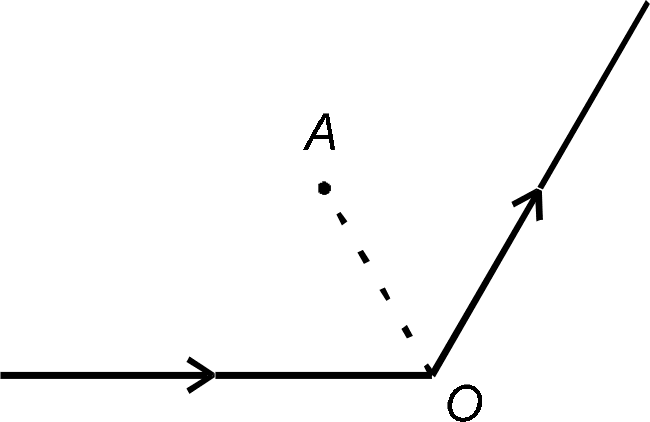
1. По изогнутому под углом 120° длинному проводу течет ток си- лой *I——* 20 А. Определить напряженность поля на биссектрисе угла в точке *А,* отстоящей от вершины угла *О* на 15 см (рис. 3.3).

Рис. 3.3

1. Радиусы кольцевых токов силой / = 10 А и *Iz —— $* А равны п = 16 см и *п ——* 12 см. Они имеют общий центр, а их плоскости расположены под углом о= 60°. Найти напряженность ма~~і ниін~~ого поля в точке *А,* являющейся общим центром витков. Рассмотреть два случая направления токов в витках (рис. 3.4).

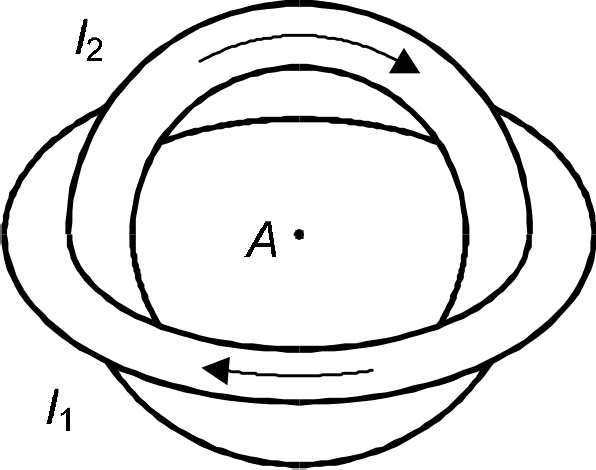
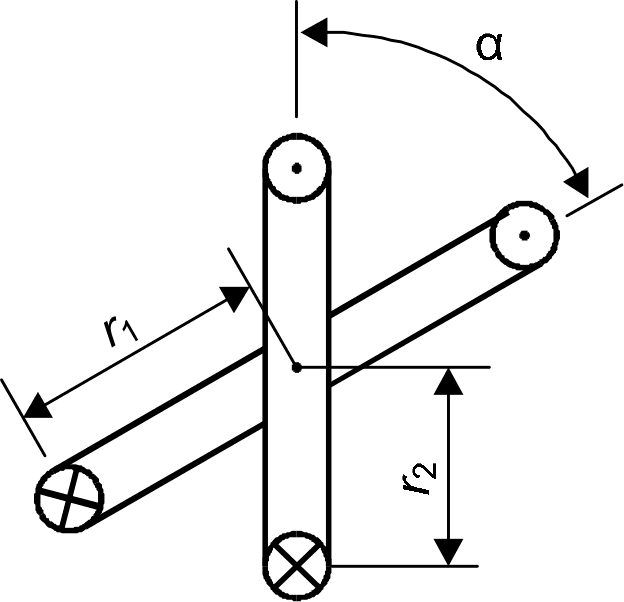
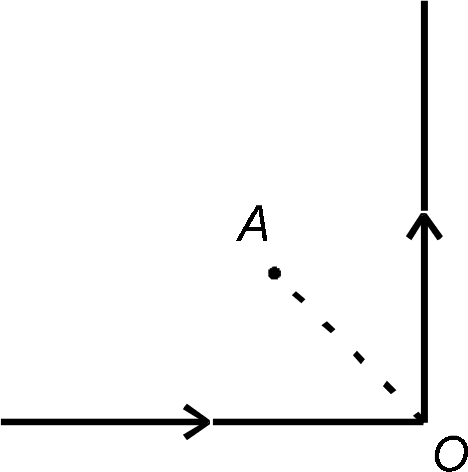
*а б*

Рис. 3.4

1. На рис. 3.5 изображен бесконечно длинный провод, изогнутый под прямым углом. Определить индукцию магнитного поля *В* в точке *А,* лежащей на биссектрисе угла и отстоящей на 10 см от его вершины О, если по проводу течет ток силой *I ——* 20 А.



1. По двум скрещенным под прямым углом и почти касающимся друг друга бесконечно длинным проводам текут токи силой h = 100 А и f2 = 200 А. Определить индукцию поля в точке *А,* отстоящей от проводов на *d——* 10 см. Рассмотреть все возможные направления токов (рис. 3.6).

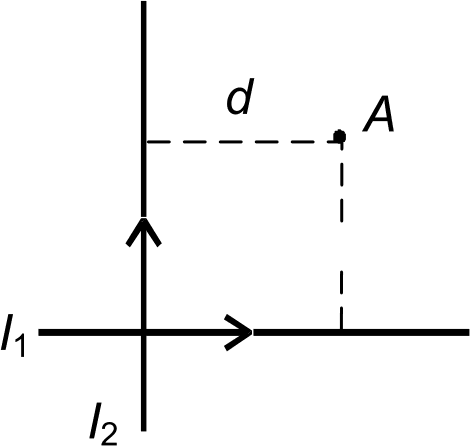
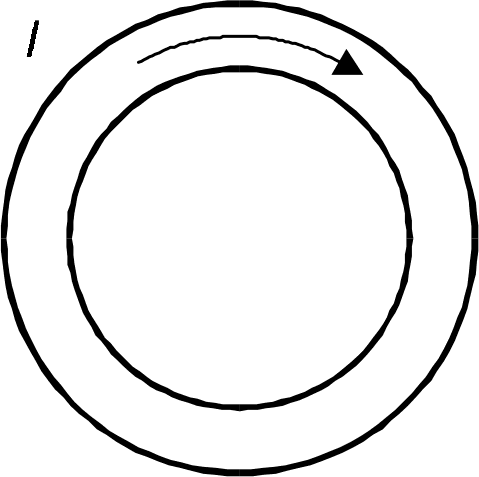
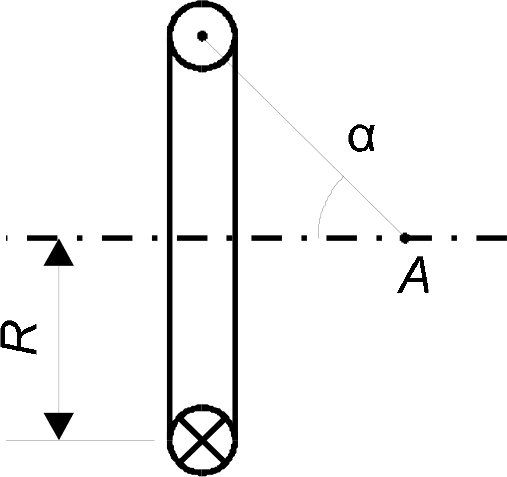
i *d*

Рис. 3.6

1. По кольцу радиусом Л = 20 см течет ток силой *I ——* 100 А. Опреде- лить магнитную индукцию *В* в точке *А,* лежащей на оси кольца (рис. 3.7). Угол ct = 45°.

*А \**

Рис. 3.7

1. Расстояние между параллельными длинными проводами, по ко- торым в противоположных направлениях текут токи силой 50 и 100 А, рав- но 16 см. Как расположена линия, на которой индукция поля равна нулю? На каком расстоянии она находится от провода с током силой 50 А?
2. По изолированному кольцевому проводнику радиусом 20 см те- чет ток силой 10 А. Перпендикулярно плоскости кольца проходят два длинных провода с токами силой 10 и 20 А так, что они касаются кольца в точках, лежащих на противоположных концах диаметра. Определить ин- дукцию в центре кольца, когда токи текут в одинаковых и в противополож- ных направлениях.
3. По проводнику, согнутому в виде прямоугольника со сторонами 8 и 12 см, течет ток силой 50 А. Определить напряженность *Н* и индукцию *В* магнитного поля в точке пересечения диагоналей прямоугольника.
4. По двум параллельным проводам длиной 5 м каждый текут в од- ном направлении одинаковые токи силой /= 500 А. Расстояние между про- водами *d ——* 10 см. Определить силу, действующую на проводники, если они находятся в магнитном поле *В —— I* мТл, направленном перпендикулярно плоскости проводников.
5. По трем параллельным проводам, находящимся в одной плоско- сти на расстоянии *d ——* 20 см друг от друга, текут одинаковые токи силой 400 А. В двух проводах направление токов совпадает. Вычислить силу, действующую на единицу длины каждого проводника.
6. Квадратная проволочная рамка расположена в одной плоскости с прямым длинным проводом так, что две ее стороны параллельны прово- ду. По рамке и проводу текут одинаковые токи силой *I ——* 200 А. Опреде- лить силу, действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится на расстоянии, равном ее длине *а ——* 4 см.
7. Два параллельных проводника длиной /= 1 м находятся в одно- родном магнитном поле на расстоянии 10 см друг от друга. По проводни- кам текут равные токи силой 10 А. Внешнее магнитное поле перпендику- лярно плоскости проводников, а его индукция равна 0,2 мТл. Чему равны силы, действующие на проводники, когда токи в них текут в одинаковых и в противоположных направлениях?
8. В однородном магнитном поле напряженностью 500 А/м нахо- дятся два параллельных проводника длиной / = 1 м каждый, по которым в одном направлении текут токи силой 50 А. Взаимное расположение про- водников остается неизменным, но плоскость проводников может распола- гаться под различными углами по отношению к направлению однородного поля. Чему равны максимальное и минимальное значения сил, действую- щих на проводники? Расстояние между проводниками *d ——* 10 см.
9. Сила тока в электродуге плазмотрона равна 200 А. Для создания эффекта сканирующего воздействия плазменной дуги на поверхность мате- риала на дугу воздействуют поперечным магнитным полем, изменяющимся по закону *В ——Bosin(2n* rf), где *t o* = 0,02 Тл; г= 50 Гц. Определить среднее

значение модуля отклоняющей силы в расчете на единицу длины дуги.

1. Электрическая цепь замкнута подвижным проводником длиной

/ = 0,5 м, который движется вертикально вниз с постоянной скоростью. Цепь находится в поперечном магнитном поле с индукцией *В ——* 0,5 Тл. Мощность, отдаваемая источником питания в цепь, равна *Р ——* 2,5 Вт, общее сопротивление цепи Л = 15 Ом. Определить массу проводника.

81

1. По трем параллельным проводникам, находящимся на одинако- вом расстоянии *d ——* 10 см друг от друга, текут одинаковые токи силой

/= 100 А. Во всех проводах направления токов совпадают. Вычислить для каждого из проводов отношение силы, действующей на него, к его длине.

1. Проводник длиной / = 80 см подвешен горизонтально на двух пружинах жесткостью по 200 Н/м. По проводу течет ток силой I= 10 А. При включении однородного магнитного поля, направленного перпендикуляр- но проводнику, он опускается на 2 см. Найти магнитную индукцию поля.
2. Горизонтальные рельсы находятся на расстоянии / = 0,3 м друг от друга. На них лежит стержень, перпендикулярный рельсам. Какой должна быть индукция однородного магнитного поля для того, чтобы стержень начал двигаться, если по нему пропускается ток силой 7o = 50 А? Коэффициент трения стержня о рельсы ц = 0,02, масса стержня ш = 0,5 кг.
3. Электрон вращается в поперечном магнитном поле с частотой п 55,5 106 об/с. Определить индукцию магнитного поля.
4. В однородное магнитное поле с индукцией *В ——* 0,01 Тл влетела частица, несущая элементарный заряд, и стала двигаться по окружности радиусом Л = 0,5 мм. Определить момент импульса частицы *L* при ее дви- жении в магнитном поле.
5. Электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов *U ——* 1 кВ в электрическом поле, влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Определить смещение траектории электрона по- сле того как он вылетит из магнитного поля, если индукция поля *В ——*2 мТл.
6. Заряженная частица с кинетической энергией *Т ——* 2 кэВ движет- ся в однородном магнитном поле по окружности радиусом Л = 4 мм. Опре- делить силу Лоренца *Fg,* действующую на частицу со стороны поля.
7. Электрон движется по окружности в однородном магнитном по- ле с напряженностью *Н —— 6* кА/м. Определить частоту вращения электрона.
8. Электрон движется в магнитном поле с индукцией *В ——* 4 мТл по ок- ружности радиусом Л= 0,8 см. Определить кинетическую энергию электрона.
9. Протон и сt-частица, ускоренные одинаковой разностью потен- циалов, влетают в однородное магнитное поле. Во сколько раз радиус кривиз- ны траектории протона больше радиуса кривизны траектории т-частицы?
10. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией *В ——* 10 мТл по окружности радиусом Л = 1,5 см. Определить период обра- щения электрона и его скорость.

82

1. В однородном магнитном поле с индукцией *В ——* 2 Тл движется сt-частица, траектория движения которой представляет собой окружность радиусом Л = 1 см. Определить кинетическую энергию частицы.
2. Заряженная частица движется по прямолинейной траектории в скрещенных под прямым углом электрическом и магнитном полях с на- пряженностями, равными соответственно *Е ——* 200 В/см и *Н ——* 1 кА/м. Траек-

тория частицы перпендикулярна как вектору *Є,* так и вектору *Й .* Опреде- лить скорость движения частицы.

1. Проводник длиной / = 50 см, по которому течет ток силой /= l А, движется перпендикулярно магнитному полю напряженностью *H——* 20 А/м (ц= 1) со скоростью v = 50 км/ч. Определить работу при перемещении про- водника в течение /= 1 мин.
2. Проводник длиной / = 0,6 м сопротивлением Л = 0,05 Ом дви- жется в плоскости, перпендикулярной однородному магнитному полю с ин- дукцией *В ——* 0,5 Тл. По проводнику течет ток силой /= 4 А. Скорость дви- жения проводника v = 0,8 м/с. Во сколько раз мощность, затраченная на перемещение проводника в магнитном поле, отличается от мощности, за- траченной на его нагревание?
3. В горизонтальной плоскости вращается прямолинейный про- водник длиной / = 0,5 м вокруг оси, проходящей через его конец. При этом он нормально пересекает вертикальное однородное магнитное поле на- пряженностью *H——* 50 А/м (g= 1). По проводнику течет ток силой /= 4 А, а скорость его вращения п = 20 об/с. Вычислить работу вращения провод- ника за /= 2 мин.
4. В плоскости, перпендикулярной магнитному полю напряженно- стью *H——* 100 А/м, вращается с частотой п = 50 об/с прямолинейный про- водник длиной /= 1 м, по которому течет ток силой /= 10 А. Ось вращения проходит через один из концов проводника. Определить работу, совер- шаемую полем за /= 10 с.
5. Виток радиусом *г ——* 20 см, по которому течет ток силой *I——* 50 А, сво- бодно установился в поле напряженностью *Н ——* 1 кА/м. Затем виток повернули относительно диаметра на угол 30°. Определить совершенную при этом работу.
6. Определить магнитный поток Ф, пронизывающий плоский кон- тур площадью 5= 20 см', если он находится в однородном магнитном поле с индукцией *В ——* 0,03 Тл и его плоскость составляет угол 60° с направлени- ем линий индукции.

83

1. Числовая плотность витков соленоида п = 8 витков/см. В сред- ней части соленоида помещен круговой виток диаметром *d ——* 4 см. Плос- кость витка расположена под углом 60° к оси соленоида. Определить маг- нитный поток Ф, пронизывающий виток, если по обмотке соленоида течет ток силой /= 1 А.
2. Виток, в котором поддерживается постоянная сила тока, равная

/= 60 А, свободно установился в магнитном поле с индукцией *В ——* 20 мТл. Диаметр витка *d ——* 10 см. Какую работу нужно совершить, чтобы повер- нуть виток относительно оси, совпадающей с диаметром, на угол 60°?

1. В проволочное кольцо, присоединенное к баллистическому гальва- нометру, вставили прямой магнит. При этом по цепи прошел заряд q= 50 мкКл. Определить изменение магнитного потока через кольцо, если известно, что сопротивление цепи гальванометра Л = 10 Ом.
2. Круговой контур радиусом *г ——* 2 см помещен в однородное маг- нитное поле напряженностью *H——* 2 кА/м перпендикулярно силовым линиям. По контуру течет ток силой *I ——* 2 А. Какую работу надо совершить, чтобы по- вернуть контур на угол 90° вокруг оси, совпадающей с диаметром контура?
3. По графику, представленному на рисунке (см. приложение), оп- ределить магнитную проницаемость стали для значений индукции намаг- ничивающего поля, равных *Bi =* 0,4 мТл и *Вz ——* 1,2 мТл.
4. Во сколько раз изменится магнитный поток, если чугунный сер-

дечник в соленоиде заменить стальным того же размера? Индукция намаг- ничивающего поля *В ——* 2,2 мТл (см. приложение, рисунок).

1. Внутри соленоида без сердечника индукция поля *В ——* 2 мТл. Ис- пользуя рисунок (см. приложение) определить, каким станет магнитный поток, если в соленоид ввести чугунный сердечник с площадью попереч- ного сечения S= 100 см'.
2. Соленоид содержит N—— 500 витков. При силе тока /= 10 А маг- нитный поток Ф= 80 мкВб. Определить индуктивность соленоида.
3. Соленоид имеет стальной полностью размагниченный сердеч- ник объемом U= 500 смЗ. Напряженность магнитного поля соленоида при силе тока *I——* 0,5 А равна *H——* 1 кА/м. Используя рисунок (см. приложение), определить индуктивность соленоида.
4. Обмотка соленоида с железным сердечником содержит *N ——* 600 вит- ков. Длина сердечника / = 40 см. Используя рисунок (см. приложение), оп- ределить, во сколько раз изменится индуктивность соленоида, если сила тока, протекающего по обмотке, возрастет от 0,4 до 1 А.

84

1. На железный полностью размагниченный сердечник диаметром *d—— 5* см и длиной / = 80 см намотано *N ——* 2,4 - 10' витков провода. Исполь- зуя рисунок (см. приложение), определить индуктивность получившегося соленоида при силе тока *I ——* 0,6 А.
2. Тороид выполнен из мягкой стали. Индукция поля одинакова во всех точках внутри тороида и равна *В ——* 1,2 Тл. Диаметр проволоки, из кото- рой сделана однослойная обмотка, равен *d —— I* мм, объем тороида U= 1,0 дм'. Определить индуктивность тороида и ток, текущий по его обмотке.
3. Используя рисунок (см. приложение), составить таблицу изме- нения магнитной проницаемости в зависимости от напряженности магнит- ного поля для стали с шагом 500 А/м. Построить график.
4. Используя рисунок (см. приложение), определить, как изменит- ся магнитный поток, если железный сердечник в соленоиде заменить сталь- ным, диаметр которого в 1,5 раза больше, чем железного, при той же дли- не. Индукция намагничивающего поля равна 2 мТл.
5. Источник питания с ЭДС s= 10 В и внутренним сопротивлени- ем *г ——* 1 Ом замыкается проводящим проводом длиной / = 4 м на внешнее сопротивление Л = 4 Ом. Затем цепь помещается во внешнее поперечное магнитное поле с индукцией, возрастающей со скоростью ТВ/d/ = 3,14 Тл/с. Определить максимально возможное значение силы тока цепи в магнит- ном поле. Сопротивлением провода пренебречь.
6. Рамка площадью S= 400 см' имеет *N ——* 100 витков провода и вра- щается с периодом *T——* 20 мс в однородном магнитном поле с индукцией *В ——* 10 мТл вокруг оси, перпендикулярной магнитному полю. Концы про- вода через скользящие контакты замкнуты на сопротивление Л = 50 Ом. Определить силу тока, протекающего через сопротивление. Какова частота протекающего тока?
7. Катушка диаметром *D ——* 10 см намотана из медного провода ce- чением S = 0,1 мм' и содержит *N ——* 50 витков. Определите: 1) максимальное значение ЭДС индукции Шах в катушке при ее вращении с частотой 50 об/с

в магнитном поле с индукцией *В ——* 0,1 Тл; 2) максимальный ток в катушке

max- дельное электрическое сопротивление меди = 1,7 1038 Ом-м.

1. Из двух кусков проволоки одинаковой длины изготовлены круг- лый и квадратный контуры. Контуры помещены в переменное поперечное магнитное поле. Каково отношение индуктивных токов в этих контурах

*цI вaдtцI p* при одинаковой скорости изменения силы тока?

1. Из медного проводника длиной / = 30 см и сечением Ло = 10 мм изготовлен круговой контур и помещен в поперечное, убывающее по зако- Н *В —— B0 Ct (B0* = 0,5 Тл; *С ——* 0,05 Тл/с) магнитное поле. Определить ЭДС индукции и силу тока в контуре в момент времени / = 4 с. Удельное элек- трическое сопротивление меди = 1,7 1038 Ом м
2. Плоский проволочный виток площадью S = 200 см'и сопротивле- нием Л = 2 Ом расположен в магнитном поле, индукция которого возрастает по закону *В —— Ct’* (С = 10 мТл/с'). Определить силу тока в контуре в момент t = 2 с. Сделать рисунок, где указать направление индукционного тока.
3. Цепь состоит из катушки с индуктивностью *L ——* 0,1 Ги и источ- ника тока, после отключения которого без разрыва цепи сила тока умень- шилась до 0,1 % от первоначального значения за время, равное /= 0,07 с. Оп- ределить сопротивление катушки.
4. Источник тока замкнули на катушку, сопротивление которой рав- но Л = 20 Ом. По истечении времени /= 0,1 с сила тока замыкания достигла 95 OН от предельного значения. Определить индуктивность катушки.
5. В электрической цепи, состоящей из сопротивления Л = 20 Ом и индуктивности *L ——* 0,06 Ги, течет ток силой \*о = 20 А. Определить силу тока в цепи через /= 0,3 мс после того, как цепь будет отключена от источ- ника тока и соединены накоротко сопротивление и катушка.
6. Источник тока замкнули на катушку сопротивлением Л = 10 Ом и индуктивностью *L ——* 0,2 Ги. Через какое время сила тока в цепи достиг- нет 50 OН от максимального значения?
7. Число витков в соленоиде *N ——* 800, его длина / = 20 см, а попе- речное сечение S = 4 см'. При какой скорости изменения силы тока в соле- ноиде индуцируется ЭДС самоиндукции, равная 0,4 В?
8. Круглая рамка, имеющая *N ——* 200 витков и площадь S = 100 см', равномерно вращается в однородном магнитном поле вокруг оси, перпен- дикулярной полю и проходящей через диаметр рамки. Вычислить частоту вращения при индукции поля *В ——* 0,03 Тл, если максимальный ток, инду- цируемый в рамке при ее сопротивлении Л = 20 Ом, составляет *І> ——* 0,02 А.
9. В однородном магнитном поле напряженностью *H——* 1 кА/м рав-

номерно вращается круглая рамка, имеющая *N ——* 100 витков, радиус кото- рых *r —— S* см. Ось вращения проходит через диаметр рамки и перпендику- лярна магнитному полю. Сопротивление рамки Л = 1 Ом, угловая скорость ее вращения ш = 10 с '. Построить график зависимости индуцируемого то- ка от угла поворота и найти максимальный ток в рамке.

1. В соленоиде без сердечника ток равномерно возрастает со ско- ростью 0,3 А/с. Числовая плотность витков п 1,1 104 м°', площадь попе- речного сечения соленоида S = 100 см'. На соленоид надето изолированное кольцо того же диаметра. Вычислить ЭДС индукции в кольце.
2. Рамка площадью S = 100 см' равномерно вращается с частотой п = 5 об/с относительно оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикуляр- ной линиям индукции однородного магнитного поля *(В ——* 0,5 Тл). Опреде- лить среднее значение ЭДС индукции за время, в течение которого маг- НИТНЫЙ ПOTOK, П]ЭОНИЗЫВЗЮЩИЙ ]3і1МК , ИЗMeHИTGЯ ОТ Н ЛЯ ДО МІІКСИМі4ЛЬНО- го значения.
3. Площадь рамки, содержащей *N ——* 1000 витков, равна S= 100 см'. Рамка равномерно вращается с частотой п = 10 об/с в магнитном поле на- пряженностью *H——* 10 кА/м. Ось вращения лежит в плоскости рамки и пер- пендикулярна линиям напряженности. Определить максимальную ЭДС ин- дукции, возникающей в рамке.
4. В однородном магнитном поле с индукцией *В ——*0,1 Тл равномер- но с частотой в = 5 об/с вращается стержень длиной / = 50 см так, что плос- кость его вращения перпендикулярна линиям напряженности, а ось вра- щения проходит через один из его концов. Определить индуцируемую на концах стержня разность потенциалов.
5. В соленоиде ток равномерно возрастает от 0 до 50 А в течение 0,5 с, при этом соленоид накапливает энергию 50 Дж. Какая ЭДС индуци- руется в соленоиде?
6. Соленоид содержит *N ——* 800 витков. Площадь поперечного сече- ния сердечника из немагнитного материала S = 10 см'. По обмотке течет ток, создающий поле с индукцией *В —— 8* мТл. Определить среднее значение ЭДС самоиндукции, которая возникает на зажимах соленоида, если сила тока уменьшается до нуля за время 0,8 мс.
7. По катушке индуктивностью *L —— 8* мкГн течет ток силой 6 А. При выключении тока его сила уменьшается практически до нуля за t = 5 мс. Оп- ределить среднее значение ЭДС самоиндукции, возникающей в контуре.
8. Колебательный контур состоит из катушки индуктивности и двух одинаковых конденсаторов, включенных параллельно. Период собствен- ных колебаний контура *T ——* 20 мкс. Как изменится период, если конденса- торы включить последовательно?
9. Колебательный контур состоит из конденсатора и катушки ин- дуктивности. Вычислить энергию контура, если максимальный ток в ка- тушке *І< ——* 1,2 А, а максимальная разность потенциалов на обкладках кон- денсатора *U< ——* 1,2 кВ. Частота колебаний контура v = 10 кГц (потерями можно пренебречь).
10. Максимальная энергия магнитного поля колебательного контура

*—— I* мДж при токе *i* = 0,8 А. Чему равна частота колебаний контура, ec- ли максимальная разность потенциалов на обкладках конденсатора состав- ляет *U> ——* 1,2 кВ?

1. Период колебаний контура, состоящего из катушки индуктивно-

сти и конденсатора, составляет *T——* 10 мкс. Чему равен максимальный ток в катушке, если максимальная разность потенциалов на обкладках конден- сатора *Uz ——* 900 В? Максимальная энергия электрического поля Йр = 9 мДж.

1. Ток в катушке колебательного контура изменяется в соответст-

вии с уравнением *i* = \*ocos2n rf. Частота колебаний v= 100 кГц. Определить минимальный промежуток времени, по истечении которого энергия маг- нитного поля катушки меняется от максимального значения до значения, равного энергии электрического поля конденсатора.

1. В колебательном контуре с периодом колебаний *Т ——* 100 мкс на- пряжение на конденсаторе через промежуток времени / = 25 мкс, прошед- ший с момента, когда напряжение было равно нулю, составляет *U ——* 500 В. Найти емкость конденсатора при общей энергии контура W= 1 мДж.
2. Конденсатор емкостью *С ——* 50 пФ подключили к источнику тока с ЭДС, равной в = 3 В, а затем к катушке с индуктивностью *L ——* 1 мкГн. Определить максимальное значение силы тока и частоту колебаний, воз- никающих в контуре.
3. Цепь переменного тока образована последовательным соедине- нием активного сопротивления Л= 800 Ом, индуктивности *L ——* 1,27 Ги и ем- кости *С ——* 1,59 мкФ. На зажимы подано напряжение *U——* 127 В с частотой v= 50 Гц. Найти действующее значение силы тока /,ф, сдвиг фаз между то- ком и напряжением, а также мощность, выделяющуюся в цепи.
4. Генератор радиоволн состоит из конденсатора и катушки индук- тивности. Площадь пластин конденсатора S = 0,025 м', расстояние между пластинами *d ——* 1 мм, диэлектрическая проницаемость диэлектрика ь = 4. Определить длину волны Z, излучаемой генератором, если известно, что при изменении тока на 2 А за 0,5 с в катушке индуцируется ЭДС равная 1 мВ.
5. Определить длину электромагнитной волны в вакууме, на кото- рую настроен колебательный контур, если максимальный заряд конденса- тора qp = 2 10 8 Кл, а максимальная сила тока в контуре *h ——* 1 А. Опреде- лить напряжение на конденсаторе в момент, когда энергия магнитного по- ля составляет 75 % от ее максимального значения. Индуктивность контура *L ——* 2 1037 Ги.

### Волновая и квантовая оптика

1. Световая волна, частота которой г= 5 l0 ' 4 Гц, переходит из ва- куума в диамагнитную среду с диэлектрической проницаемостью ь = 2. Ка- кова будет длина волны и скорость света в этой среде? Указать цветовую окраску данного диапазона световых волн.
2. При переходе световой волны из вакуума в оптически плотную среду длина волны уменьшилась на 33 %. С какой скоростью распростра- няется свет в данной среде? Чему равно произведение магнитной и диэлек- трической проницаемостей для этой среды?
3. Свет с длиной волны 420 им преломляется на границе раздела двух сред. Угол падения ct = 45°, угол преломления § = 30°. Как изменится длина световой волны?
4. Углы преломления § при падении белого света из воздуха под уг- лом ct = 60° на стекло для различных длин волн имеют следующие значения:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Х, мкм | 0,40 | 0,49 | 0,59 | 0,69 | 0,76 |
| § | 28°24' | 29°3' | 29°28” | 29°41' | 29°48' |

Построить по этим данным зависимость диэлектрической проницае-

мости стекла от длины волны в(L).

1. Узкий светового пучок белого света падает под углом m = 45° на стекло. Определить угол расхождения светового пучка в стекле, если пока- затели преломления для красного и фиолетового лучей для данного сорта стекла равнЫ <кр' 1,57 и Пф = 1,59, соответственно.
2. На тонкую пленку в направлении нормали к ее поверхности па-

дает монохроматический свет с длиной волны Х = 500 им. Отраженный от пленки свет максимально усилен вследствие интерференции. Определить минимальную толщину *d* пленки, если показатель преломления материала пленки п = 1,4.

1. Расстояние / от щелей до экрана в опыте Юнга равно 1 м. Длина волны Z = 0,7 мкм. Определить расстояние между щелями, если на отрезке длиной х = 1 см укладывается *N ——* 10 темных интерференционных полос.
2. На стеклянную пластинку нанесен тонкий слой прозрачного ве- щества с показателем преломления п = 1,3. Пластинка освещена параллель- ным пучком монохроматического света с длиной волны Х = 540 им, па- дающим на пластинку нормально. Какую минимальную толщину *d* должен иметь слой, чтобы отраженный пучок имел наименьшую яркость?
3. Световой луч, распространявшийся в воздухе с частотой v= 6 10'4 Гц, разделяют на два луча. Указать результат сложения этих лучей, если пер- вый из них проходит путь 4,5 мкм в среде с диэлектрической проницаемо- стью в = 4, а второй — 8,5 мкм в воздухе.
4. Определить расстояние между двумя соседними интерференци- онными светлыми полосами, образующимися на поверхности косого клина в отраженном монохроматическом свете. Угол раствора клина ct = 0,5', по- казатель преломления материала клина п = 1,5, длина волны падающего на клин света Х = 600 им.
5. Постоянная дифракционной решетки в 4 раза больше длины световой волны монохроматического света, нормально падающего на ее поверхность. Определить угол о между двумя первыми симметричными дифракционными максимумами.
6. На поверхность дифракционной решетки нормально падает мо- нохроматический свет. Дифракционная решетка с периодом *d ——* 0,01 мм на- ходится на расстоянии *L ——* 2 м от экрана. Решетка освещается монохрома- тическим светом. Расстояние между двумя ближайшими светлыми линия- ми, лежащими по разные стороны от центральной полосы дифракционной картины, равно 3 см. Сколько дифракционных максимумов можно наблю- дать в данном случае?
7. Дифракционная картина наблюдается на расстоянии 2 м от ис- точника монохроматического света с длиной волны 0,6 мкм. На расстоя- нии 80 см от экрана находится диафрагма с круглым отверстием. Опреде- лить радиус отверстия, при котором центр картины будет наиболее светлым.
8. Определить расстояние от точки наблюдения до круглого отвер- стия диаметром 4 мм, открывающего 5 зои Френеля, при падении на него плоской монохроматической световой волны с длиной 0,5 мкм.

90

1. Наити длину волны и частоту рентгеновского излучения, па- дающего под углом 30° на грань кристалла с межатомным расстоянием 0,4 им, если при этом наблюдается дифракционныи максимум 3-го порядка.
2. Пучок света последовательно проходит через два николя, плос- кости пропускания которых образуют между собои угол ip — 40°. Прини- мая, что коэффициент поглощения каждого николя равен *k ——* 0,15, наити, во сколько раз пучок света, выходящии из второго николя, ослаблен по сравнению с пучком, падающим на первыи николь.
3. Угол падения луча на поверхность стекла равен 50°. При этом отраженныи пучок света оказался максимально поляризованным. Опреде- лить угол преломления луча.
4. Угол между плоскостями пропускания поляризаторов равен 30°. Естественныи свет, проходя через такую систему, ослабляется в 4 раза. Пренебрегая потереи света при отражении, определить коэффициент по- глощения света в поляризаторах.
5. Пучок света, идущии в стеклянном сосуде с глицерином, отра- жается от дна сосуда. При каком угле падения отраженныи пучок света максимально поляризован?
6. При прохождении света через трубку длинои h — 20 см, содер- жащую раствор caxapa с концентрациеи *С ——* 0,1 г/смЗ, плоскость поляри- зации света повернулась на угол 9i 13,3°. В другом растворе caxapa, на- литом в трубку длинои 11 = 15 см, плоскость поляризации повернулась на

угол ‹р, — 5,2°. Определить концентрацию *Сz* второго раствора.

1. Площадь, ограниченная графиком лучеиспускательнои способ- ности г¿,т черного тела, изменилась в 10 раз. Как изменится при этом длина волны max› соответствующая максимуму спектра теплового излучения?
2. С нагретой металлической поверхности площадью S = 20 см при

температуре *Т ——* 1400 К за время / = 2 мин излучается энергия W= 418 кДж. Определить коэффициент теплового излучения ь металла, считая металл серым телом.

1. Из смотрового окошечка печи излучается поток энергии *N ——* 4 кДж/мин. Определить температуру *Т* печи, если площадь окошечка S = 8 см'.
2. Поток излучения абсолютно черного тела *N ——* 10 кВт, максимум энергии излучения приходится на длину волны = 0,8 мкм. Определить площадь излучающей поверхности.
3. Как и во сколько раз изменится поток излучения абсолютно черного тела, если максимум энергии излучения переместится с красной границы видимого спектра Мур 730 им на фиолетовую Xф 390 им?
4. Импульс, переносимый монохроматическим пучком фотонов че- рез площадку площадью S= 4 см'за время / = 0,5 мин, равен *Р ——* 3 10 9 кг м/с. Найти для этого пучка модуль вектора Умова — Пойнтинга.
5. Найти длину волны излучения, у которого импульс фотона равен импульсу ускоренного напряжением *U ——*4 мВ электрона. Определить соответ- ствующий данному излучению диапазон по шкале электромагнитных волн.
6. Нормально падающий на зачерненную поверхность площадью S = 50 см' монохроматический свет с длиной волны Z = 600 им передает ей за время / = 2 мин энергию W = 90 Дж. Определить: 1) число упавших фо- тонов; 2) световое давление на поверхность.
7. Определить давление света на стенки 100-ваттной электриче- ской лампочки, считая, что вся потребляемая ею мощность идет на излуче- ние. Коэффициент отражения стенок лампочки 10 %. Лампочку считать сферой диаметром 4 см.
8. Определите энергию, массу и импульс фотонов рентгеновского излучения с длиной волны Z = 20 пм.
9. Фотон с энергией *Е ——* 10 эВ падает на серебряную пластину и вы- зывает фотоэффект. Определить импульс *р,* полученный пластиной, если принять, что направления движения фотона и фотоэлектрона лежат на од- ной прямой, перпендикулярной к поверхности пластины.
10. На фотоэлемент с катодом из лития падает свет с длиной волны Z = 200 им. Найти максимальную скорость вылетающих фотоэлектронов и наименьшее значение задерживающей разности потенциалов *U,* которую нужно приложить к фотоэлементу, чтобы прекратить фототок.
11. Монохроматический ультрафиолетовый свет с длиной волны Х = 50 им падает на алюминиевую пластинку, вырывая из нее электроны.

Красная граница фотоэффекта Al 9 10' 4 Гц. Определить максимально воз-

можное удаление / электрона от поверхности пластинки, если напряжен- ность задерживающего электрического поля *Е ——* 500 В/м.

1. На металлическую пластину направлен пучок ультрафиолетово-

го излучения (Х = 0,25 мкм). Фототок прекращается при минимальной за- держивающей разности потенциалов *U ——* 0,96 В. Определить работу выхо- да электронов из металла.

1. На поверхность металла падает монохроматический свет с длиной волны Z = 0,1 мкм. Красная граница фотоэффекта = 0,1 мкм. Какая доля энергии фотона расходуется на сообщение электрону кинетической энергии?
2. Фотон при эффекте Комптона на свободном электроне был рас- сеян на угол 8 = 90°. Определить импуЛЬС *pe›* иобретенный электроном, если энергия фотона до рассеяния была равна в = 1,02 МэВ.
3. Рентгеновское излучение (Х = 1 пм) рассеивается электронами, которые можно считать практически свободными. Определить импульс электронов отдачи и максимальную длИН ВОЛН бах ентгеновского из- лучения в рассеянном пучке.
4. Какая доля энергии фотона приходится при эффекте Комптона на электрон отдачи, если угол рассеяния фотона равен 8 = 90°? Энергия фотона до рассеяния в = 0,51 МэВ.
5. Определить угол, на который был рассеян у — квант с энергией в = 0,8 МэВ при эффекте Комптона, если кинетическая энергия электрона отдачи *Е ——* 0,2 МэВ.
6. Фотон с энергией ci 0,51 МэВ был рассеян при эффекте Ком- птона на свободном электроне на угол 8 = 180°. Определить кинетическую энергию электрона отдачи.

### Физика атома и атомного ядра

1. Кинетическая энергия электрона равна энергии фотона и состав- ляет 1,025 эВ. Найти: l) массу фотона; 2) Xф / Z, — отношение длины волны фотона к длине волны электрона.
2. Кинетическая энергия электрона равна энергии ионизации атома водорода и составляет 13,5 эВ. Вычислить длину волны де Бройля Х для электрона. Сравнить полученное значение Х с диаметром *d* атома водорода (найти отношение Х / d). Нужно ли учитывать волновые свойства электро- на при изучении движения электрона в атоме водорода? Диаметр атома водорода принять равным удвоенному значению боровского радиуса.
3. Какую ускоряющую разность потенциалов *U* должен пройти протон, чтобы длина волны де Бройля Х была равна: 1) 1 им; 2) 1 пм?
4. Вычислить длину волны де Бройля Z протона, прошедшего ус- коряющую разность потенциалов *U,* равную: 1) 1 MB; 2) 1 ГВ.
5. Определить и сравнить длины волн де Бройля о-частицы и про- тона, прошедших одинаковую разность потенциалов *U ——* 1 кВ.
6. При какой кинетической энергии частицы применение нереля- тивистской формулы для расчета длины волны де Бройля даст ошибку ме- нее 10 %?
7. Кинетическая энергия электрона равна удвоенной энергии по- коя. Во сколько раз изменится длина волны де Бройля Z, если кинетическая энергия электрона уменьшится вдвое?
8. Концентрация электронов в плазменной дуге <е' 10' 9 М 3. Опре-

делите длину волны де Бройля для электронов, если плотность тока в дуге составляет 2 106 А/м'.

1. Энергия протонов, ускоряемых в БАК (Большом адронном кол- лайдере, ЦЕРН, Женева), может достигать 7 ТэВ. Определить длину волны де Бройля Х для таких протонов.
2. В проектируемом Международном линейном коллайдере (ILC, Linac) энергия сталкиваемых электронов и позитронов составит по 250 ГэВ на каждую частицу. Определить импульсы и длины волн де Бройля для та- ких частиц.
3. Протон движется со скоростью равной 99,99975 % от скорости света в вакууме. С какой точностью может быть определена координата протона?
4. В проектируемом Международном линейном коллайдере сфоку- сированный пучок позитронов с энергией *Е ——* 250 ГэВ будет представлять собой плоскую ленту длиной 640 им. Используя соотношение неопреде- ленностей, оценить неопределенность энергии позитронов в пучке.
5. Атом испустил фотон в течение промежутка времени Af = 10 нс. Определить наибольшую точность АХ, с которой может быть измерена длина волны излучения фотона, равная Х — 8 пм.
6. Электрон находится в одномерном потенциальном ящике. Ис- пользуя соотношение неопределенностей, оценить ширину ящика, если минимальная энергия электрона *Т ——* 10 эВ.
7. Частица находится в потенциальном ящике шириной / — 0,5 им. Определить наименьшую разность W энергетических уровней электрона. Ответ выразить в электрон-вольтах.
8. Частица в потенциальном ящике шириной / находится в низшем возбужденном состоянии. Определить вероятность У нахождения частицы в и~~нт~~ервале //3, равноудаленном от стенок ящика. Поясн~~ить~~ ответ графически.
9. Частица находится в потенциальном ящике шириной / в возбуж- денном состоянии (п = 2). Определить вероятность W нахождения частицы в интервале (3/8)/ < х (5/8)/. Пояснить ответ графически.
10. Электрон находится в потенциальном ящике шириной / = 0,1 им в возбужденном состоянии (п = 4). В каких точках вероятность обнаруже- ния электрона будет максимальна? Вычислить плотность вероятности для этих точек. Результат пояснить графически.
11. Электрон находится в потенциальном ящике шириной / = 0,2 им. В каких точках в интервале 0 х < / плотность вероятности нахождения электрона на первом и третьем энергетических уровнях одинакова? Вычис- лить плотность вероятности для этих точек. Результат пояснить графически.
12. Электрон, ускоренный напряжением 15 В, падает на потенциаль- ный барьер с энергией *U ——* 20 эВ и шириной / = 0,1 им. Во сколько раз из- менится коэффициент прозрачности *D* барьера для электрона, если уско- ряющее напряжение уменьшится на 10 В?
13. Найти: l) радиусы первых трех боровских орбит в атоме водо- рода; 2) скорость электрона на них.
14. Найти числовые значения кинетической, потенциальной и пол- ной энергии электрона на первой боровской орбите.
15. Вычислить кинетическую энергию электрона, находящегося на п-й орбите атома водорода, для п = 1, п = 2, п = 3 и п = 8.
16. Найти: l) период обращения электрона на первой боровской ор- бите атома водорода; 2) угловую скорость электрона.
17. Найти наименьшую и наибольшую длины волн спектральных ли- ний водорода в видимой области спектра.
18. Найти наибольшую длину волны в ультрафиолетовой серии спект- ра водорода. Какую наименьшую скорость должны иметь электроны, чтобы при возбуждении атомов водорода ударами электронов появилась эта линия?
19. Рентгеновская трубка работает на напряжении *U ——* 100 кВ. Оп- ределить скорость электронов, бомбардирующих антикатод, и минималь- ную длину волны в спектре рентгеновского излучения.
20. Определить энергию фотона, соответствующего Щ-линии (Х= 0,7 &) в спектре характеристического рентгеновского излучения молибдена.
21. Полупроводник нагревается от 20 до 40 °С и его удельная элек- тропроводность увеличивается при этом в 2,7 раза. Определить *Ep —* шири- ну запрещенной зоны полупроводника и \*о — длину волны красной грани- цы внутреннего фотоэффекта.
22. Ширина запрещенной зоны полупроводника равна Лg 0,8 эВ. Будет ли наблюдаться внутренний фотоэффект в этом полупроводнике, ec- ли его облучать светом с длиной волны Х = 2 мкм?
23. Найти число протонов и нейтронов, входящих в состав ядра ато- ма , A1. Определить удельную энергию связи ядра.
24. Сравнить удельные энергии связи ядер изотопов дейтерия ,Н и урана $5U.
25. Сравнить удельные энергии связи ядра атомов гелия 4Не и изо- топа урана 98U.
26. Энергия протонов, ускоряемых в БАК, может достигать 7 ТэВ. Определить энергию, которая может выделиться в ускорителе, если БАК сталкивает 20 встречно движущихся протонов между собой с интенсив- ностью 3 107 раз в секунду в течение 10 мин. Какая суммарная масса эле- ментарных частиц может образоваться в таком эксперименте?
27. Найдите энергию, выделяющуюся при термоядерной реакции син- теза гелия 4Не массой *т ——* l кг из ядер дейтерия ,Н и трития Н. Запишите соответствующую реакцию.
28. Исходными компонентами ядерной реакции являются 7N и 4Не, а одним из продуктов — g О. Записать уравнение этой реакции и найти ее энергию. Освобождается или поглощается эта энергия?

17

1. Какая энергия выделится, если в ходе протекания реакции 27 Al + 4Не $Ѕі + )Н подвергнутся превращению все ядра, находящиеся в *т ——* 1 г алюминия? Числовая плотность алюминия п = 6- 10" см°З

13

1. Реакция (п, rt) на изотопе бора $В идет при бомбардировке ядер медленными нейтронами. Найти энергию, выделяющуюся при этой реак- ции, и скорость о-частицы.
2. Какую энергию можно получить в результате деления 1 г урана

9 U, если при каждом делении ядра выделяется энергия, равная 200 МэВ?

1. Какая масса урана 9 U расходуется в сутки на атомной электро- станции мощностью 5 МВт? КПД электростанции р = 17 Ol o, а энергия, вы- деляющаяся при каждом акте распада, равна 200 МэВ.
2. Кинетическая энергия о-частицы, вылетающей из ядра атома радия при радиоактивном распаде, равна *Т ——* 4,78 МэВ. Найти скорость о-частицы и полную энергию, выделяющуюся при ее вылете.
3. Какой изотоп образуется из ядра 9 s Th после четырех о-распадов и двух §-распадов?
4. Кинетическая энергия о-частицы, вылетающей из ядра атома по- лония 84Po при радиоактивном распаде, равна *Т ——* 7,58 МэВ. Найти ско- рость гt-частицы и полную энергию, выделенную ядром при его распаде.
5. Какой изотоп образуется из ядра атома урана 98U после трех п-распадов и двух §-распадов? Каков состав ядра этого изотопа?
6. Радиоактивный изотоп 4Na распадается с периодом полураспада *Ту ——* 15,3 ч. Определите количество ядер , распавшихся в одном милли- грамме этого изотопа за время / = 10 ч.
7. Определить постоянную распада и период полураспада радио- нуклида, если за три дня число радиоактивных ядер уменьшилось на 13,5 %.
8. За какое время распадется 2 мг полония 8$P o, если в начальный

момент его масса составляет 0,2 г? Период полураспада данного изотопа равен 138 суткам.

1. Определить период полураспада висмута $Ві, если известно, что висмут массой 1,0 г выбрасывает за одну секунду 4,58- 1015 -частиц.
2. Период полураспада 9, U равен 4,5 109 лет. Сколько ядер распа-

дается за 1 с в куске урана 98U массой 1,0 кг? Какова активность этого куска?

1. Период полураспада 4Na равен Г< = 15,3 ч. Больному ввели внутривенно раствор объемом др' 1 смЗ, содержащий искусственный pa-

диоизотоп натрия 4Na активностью Ло = 2,0 кБк. Активность крови объе- мом U, = l смЗ, взятой через 5 ч, оказалась равной *А ——* 0,27 Бк. Найти пол-

ный объем крови в организме человека.

Заключение

Преподавание курса физики в современных условиях сопряжено с труд- ностью соблюдения большого числа новых методических требовании, что обусловлено переходом на новые стандарты образования. модульность и практическая направленность обучения, увеличение доли самостоятель- нои работы студентов, снижение аудиторнои нагрузки на обучающихся. При этом актуальным остается требование обеспечения наряду с базовым уровнем подготовки получения студентами знании, касающихся послед- них достижении по профилю изучаемого предмета.

Представленное учебно-методическое пособие отвечает упомянутым требованиям и соответствует специфике современного образовательного процесса. Его применение возможно как на аудиторных занятиях, так и при самостоятельном изучении дисциплины и позволяет обучающимся сформи- ровать компетенции, характерные для базового естественнонаучного мо- дуля и смежных с физикои дисциплин профильного модуля вариативнои части учебных планов различных сроков обучения. Широкая палитра пред- ставленных в пособии задач позволяет студентам различных профилеи обу- чения получить практические навыки в области классическои физики и об- ращает их внимание на открытия и исследования, сделанные в последние годы или планируемые на ближаишее время.

Авторы надеются, что данное пособие окажется полезным большому числу обучающихся и планируют в его последующих изданиях не изме- нять тому курсу, которым следует современная физика.

Библиографический список

*I . Воронов В.К.* Современная физика: учебное пособие / В.К. Bopo- нов, А.В. Подоплелов. Москва: ЛКИ, 2005. 512 с.

1. *Воронов В.К.* Современная физика. Конденсированное состояние: учебное пособие / В.К. Воронов, А.В. Подоплелов. Москва: ЛКИ, 2008. 336 с.
2. *Ивлиев А.Д.* Физика: учебное пособие для студентов вузов / А.Д. Ив- лиев. Санкт-Петербург: Лань, 2009. 692 с.
3. *Савельев И.В.* Kypc общей физики: учебное пособие для втузов: в 3 книгах / И.В. Савельев. Санкт-Петербург: Лань, 2008. Ки. 1: Механика. Молекулярная физика. 432 с.
4. *Савельев И.В.* Kypc общей физики: учебное пособие для втузов: в 3 книгах / И.В. Савельев. Санкт-Петербург: Лань, 2008. Ки. 2: Электри- чество и магнетизм. Волны. Оптика. 496 с.
5. *Савельев И.В.* Kypc общей физики: учебное пособие для втузов: в 3 книгах / И.В. Савельев. Санкт-Петербург: Лань, 2008. Ки. 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела.Физика атомного ядра и эле- ментарных частиц. 406 с.
6. *Трофимов В.И.* Kypc общей физики / В.И. Трофимов. Москва: Наука, 2011. 205 с.
7. *Трофимова Т.И.* Kypc физики: учебник для студентов вузов / Т.И. Тро- фимова. Москва: Академия, 2006. 560 с.
8. *Трофимова Т.И.* Физика. 500 основных законов и формул: справоч- ник для студентов вузов / Т.И. Трофимова. Москва: Высшая школа, 2007. 63 с.
9. *Трофимова Т.И.* Физика в таблицах и формулах / Т.И. Трофимо- ва. Москва: Academia, 2008. 448 с.
10. *Фирганг Е.В.* Руководство к решению задач по курсу общей фи- зики: учебное пособие для вузов / Е.В. Фирганг. Санкт-Петербург: Лань, 2008. 352 с.
11. *Яворскин’Б.М. К с* физики: учебное пособие для втузов / Б.М. Явор- ский, А.А. Детлаф. Москва: Академия, 2009. 720 с.
12. *Яворский Б.М.* Справочник по физике для инженеров и студентов втузов / Б.М. Яворский, А.А. Детлаф, А.К. Лебедев. Москва: Оникс: Мир и образование; Минск: Харвест, 2008. 1056 с.

Приложение

Таблица 1

Некоторые физические и астрономические константы

|  |  |
| --- | --- |
| Константа | Числовое значение |
| Число Авогадро | НA - 6,02205 10" моль°і |
| Молярный объем идеального газа при нор-  мальных условиях | Uo = 22,4 10 3 мЗ/моль |
| Универсальная газовая постоянная | Л = 8,3144 Дж/(моль К) |
| Постоянная Больцмана | k = 1,3807 10°" Дж/К |
| Постоянная Стефана — Больцмана | cr= 5,670 1038 Вт/(м' К4) |
| Постоянная Планка | *h ——* 6,6252 l 0°'4 Дж с |
| Заряд электрона | *е* ———1,60219 10 '9 Кл |
| Скорость света в вакууме | с = 2,997925 108 м/с |
| Радиус Земли | з' 6,37 106 м |
| Macca Земли | m = 5,96 10' 4 кг |

Таблица 2

Диаметр атомов и молекул

|  |  |
| --- | --- |
| Химический элемент | Диаметр, им |
| Гелий (Не) | 0,20 |
| во opo н' | 0,23 |

Таблица 3

Свойства некоторых твердых тел

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вещество | 103 кг/м3 | Температура плавления,  °С | Удельная теплоемкость, Дж/(кг К) | Удельная теплота плавления, 105 Дж/кг |
| Алюминий | 2,5 | 559 | 895 | 3,22 |
| Железо | 7,9 | 1530 | 500 | 2,72 |
| Лед | 0,9 | 0 | 2100 | 3,35 |
| Медь | 8,5 | 1100 | 395 | 1,75 |
| Свинец | 11,3 | 327 | 125 | 0,23 |

Диэлектрическая проницаемость с диэлектриков

Удельное сопротивление проводников при 0 °С

Таблица 4

Таблица 5

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вещество | в | Вещество | в | Вещество | с |
| Керосин | 2 | Стекло | 6 | Эбонит | 2,6 |
| Масло | 5 | Фарфор | 6 | Парафинированная бумага | 2,0 |

|  |  |
| --- | --- |
| Проводник | р 108, Ом м |
| Медь | 1,7 |
| Алюминий | 2,5 |
| Нихром | 100,0 |

**1,25**

1,0

0,75

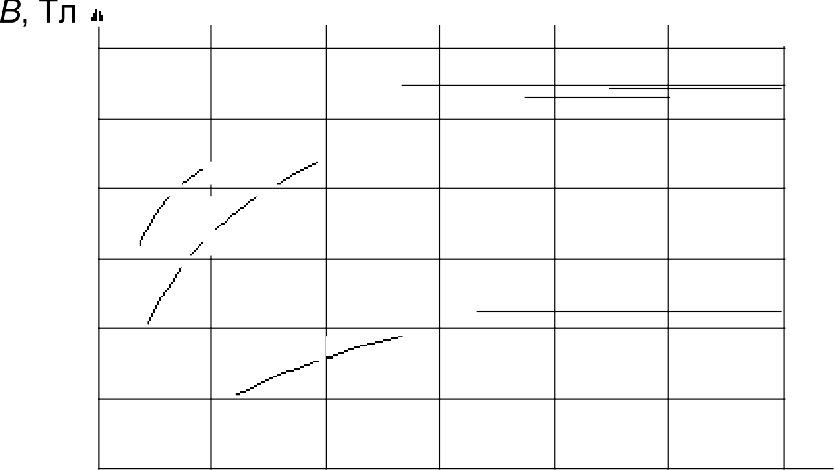
0,5

**0,25**

Железо

Сталь

Чугун

500 1000 1500 2000 2500 *I-I,* А/м

Зависимость индукции *В* от напряженности *Н* магнитного поля для ферромагнетиков

Работа выхода Лвых >Лектронов из металла, эВ

Таблица 6

|  |  |
| --- | --- |
| Металл | *Авых* |
| Cs | 1,90 |
| W | 4,50 |
| Ag | 4,74 |
| Pt | 5,30 |
| Li | 5,10 |

Таблица 7

Показатель преломления u

|  |  |
| --- | --- |
| Вещество |  |
| Алмаз | 2,42 |
| Вода | 1,33 |
| Глицерин | 1,47 |
| Стекло | 1,50 |

Таблица 8

Массы некоторых изотопов, а.е.м. (1 а.е.м. = 1,66 10°' 7 кг)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Изотоп | Macca | Изотоп | Macca | Изотоп | Macca |
| Н | 1,00814 | 4Ве | 9,01505 | Al | 26,99010 |
| ,Н | 2,01474 | $В | 10,01612 | 30 .  14 1 | 29,98325 |
| Н | 3,01700 | 12  6 С | 12,00380 | 4$Ca | 39,97542 |
| Не | 3,01699 | 13  7 N | 13,00987 | 56  7СО | 55,95759 |
| 4Не | 4,00388 | 14  7 N | 14,00752 | 69Cu | 62,94962 |
| 6Li | 6,01703 | 17О  8 | 17,00453 | 113Cd  48 | 112,94206 |
| Li | 7,01823 | 17  8 О | 17,00453 | $$Hg | 200,02800 |
| 4Ве | 7,01915 | Mg | 23,00145 | **95U** | 235,11750 |
| 4Ве | 8,00785 | 4Mg | 23,99267 | 9 U | 238,12376 |

Macca *то* и энергия покоя t o некоторых частиц

Таблица 9

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Частица | *Шо* | | t o | |
| кг | а.е.м. | Дж | Мэв |
| Электрон | 9,11 1033' | 0,00055 | 8,16 10 14 | 0,511 |
| Протон | 1,673 10 ' 7 | 1,00728 | 1,50 10 ' 0 | 938,3 |
| Нейтрон | 1 675 10 ' 7 | 1,00867 | 1 51 10 ' 0 | 939,6 |
| Дейтрон | 3,35 10 ' 7 | 2,01355 | 3,00 10 10 | 1876,0 |
| о—частица | 6,64 10 ' 7 | 4,00149 | 5,96 10 ' 0 | 3733,0 |

## Оглавление

Введение. 3

1. Общие методические указания 4
   1. Самостоятельная работа студента. 4
   2. Выполнение контрольной работы 4
   3. Выполнение лабораторных работ. 10
   4. Сдача экзамена и зачета 10
2. Примеры решения задач. 12
   1. Механика. 12
   2. Молекулярная физика. 27
   3. Термодинамика. 30
   4. Электростатика. 33
   5. Постоянный ток. 36
   6. Электромагнетизм. 39
   7. Волновая и квантовая оптика. 49
   8. Физика атома и атомного ядра. 51

Задачи для самостоятельного решения. 60

* 1. Механика. 60
  2. Молекулярная физика. 69
  3. Термодинамика. 72
  4. Электростатика. 75
  5. Постоянный ток. 77
  6. Электромагнетизм. 78
  7. Волновая и квантовая оптика. 89
  8. Физика атома и атомного ядра. 93

Заключение 98

Библиографический список. 99

Приложение 100

Учебное издание

*Гулин* Лев Васильевич

*Анахов* Сергей Вадимович

#### ЗАДАЧИ ПО KУPCУ ФИЗИКИ

Учебно-методическое пособие

Редактор О.Е. Мелкозерова Компьютерная верстка А.В. Кебель

Печатается по постановлению редакционно-издательского совета университета

Подписано в печать 7.06.15. Формат 60 84/16. Бумага для множ. аппаратов. Печать плоская. Усл. печ. л. 5,8. Уч.-изд. л. 6,0. Тираж 300 экз. Заказ № Издательство Российского государственного профессионально-педагогичес- кого университета. Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11.