

SPIS TREŚCI

	Str.
1. WIADOMOŚCI WSTĘPNE	
11. Wstęp	11
111. Zagadnienia technologii próżni	11
112. Ogólny przegląd urządzeń próżniowych	11
113. Jednostki ciśnienia	13
114. Zakresy ciśnień	14
12. Ważniejsze wyniki rozważań kinetycznej teorii gazów	16
121. Zasadnicze prawa kinetycznej teorii gazów	16
1211. Ciśnienie	16
1212. Prawo Daltona	16
1213. Prawo Boyle'a i Mariotte'a	16
1214. Prawo Charlesa	17
1215. Liczba Avogadro	17
1216. Prawo Gay-Lussaca	18
1217. Równanie stanu gazu	18
1218. Ilość gazu	18
1219. Gęstość gazu	19
122. Ruch cząsteczek gazu	19
1221. Prędkości cząsteczek gazu	19
1222. Ilość cząsteczek gazu uderzających w ściankę	20
1223. Średnia droga swobodna cząsteczki	20
1224. Średnia droga swobodna w mieszaninie gazów	21
1225. Zależność charakteru zjawisk zachodzących w gazach od średniej drogi swobodnej	22
123. Lepkość gazu	23
124. Przewodność cieplna gazu	24
125. Przepływ termomolekularny	27
126. Dyfuzja gazu	27
127. Ciśnienie par różnych substancji	28
128. Przykłady	30
1281. Ilość gazu	30
1282. Średnia droga swobodna	31
1283. Średnia droga swobodna w mieszaninie gazów	31
1284. Przepływ termomolekularny	31
13. Przepływ gazu przez przewody i otwory	31
131. Rodzaje przepływu i zasadnicze jego zależności	31
132. Przepływ gazu przy ciśnieniach wyższych (przepływ lepki)	33
133. Przepływ gazu przy ciśnieniach niższych (przepływ molekularny)	34
1331. Przewodność długiego przewodu o przekroju kołowym	34
1332. Oporność przewodu z wylotem	36
1333. Przewodność rur krótkich	36
1334. Przewodność rur o przekroju niekołowym	36
1335. Rura o przekroju pierścieniowym	37
1336. Rura o wąskim przekroju prostokątnym	37
1337. Oporność zakrzywień przewodu	37
1338. Przewodność wymrażarki	38

	Str.
134. Przepływ gazu przy ciśnieniach pośrednich	38
1341. Przepływ gazu przez kapilary	39
135. Uwagi o wzorach na przepływ gazu	39
136. Prędkość i wydajność pompowania	40
1361. Prędkość pompowania	40
1362. Chwilowa prędkość pompowania	42
1363. Prędkość pompowania otworu prowadzącego do doskonałej próżni	43
1364. Prędkość pompowania na drugim końcu przewodu	43
1365. Wydajność pompowania	45
137. Nieszczelność	45
138. Układy próżniowe statyczne i dynamiczne	46
139. Przykłady	46
1391. Przepływ lepki	46
1392. Przepływ molekularny	47
1393. Przepływ pośredni	47
1394. Przepływ przez kapilarę	48
1395. Oporność przepływu	48
1396. Łączenie przewodów	49
1397. Przewodność wymrażarki	49
1398. Prędkość pompowania na końcu przewodu rurowego	49
1399. Nieszczelność	50
14. Zjawiska elektryczne w gazach rozrzedzonych	50
141. Jonizacja	51
142. Wzbudzenie	51
143. Średnia droga swobodna elektronu	52
1431. Przykład. Średnia droga swobodna elektronu	52

2. WYTWARZANIE PRÓŻNI

21. Wstęp	53
211. Wytwarzanie i poprawianie próżni	53
212. Zasadnicze właściwości pompy próżniowej	53
2121. Ciśnienie początkowe pompy	54
2122. Ciśnienie końcowe pompy	54
213. Prędkość pompowania pompy	54
214. Skuteczność pompy	55
215. Wydajność pompy	56
216. Podział pomp próżniowych	56
22. Pompy działające na zasadzie wzrostu objętości	56
2201. Podział pomp	56
2202. Zasada działania pomp objętościowych	56
2203. Prędkość pompowania pomp objętościowych	57
221. Pompy tłokowe mechaniczne	59
222. Pompy (tłokowe) rtęciowe	59
2221. Pompa rtęciowa bezkranowa	60
2222. Pompa kropłowa	60
223. Pompy obrotowe	60
2231. Pompy zębatkowe	61
224. Pompy obrotowe rtęciowe	61
225. Pompy obrotowe olejowe	62
2251. Pompy mimośrodowe z suwakami w wirniku	62
2252. Pompy mimośrodowe z suwakiem w satorze	64
2253. Pompy mimośrodowe z suwakiem przegubowym	65
2254. Zmniejszenie obszaru szkodliwego	68
2255. Odoliwiacz	69
2256. Wentyl wylotowy	69
226. Pompy obrotowe olejowe wielokrotne	69
227. Oleje do pomp obrotowych	70
228. Uwagi końcowe o pompach obrotowych olejowych	71
229. Przykłady	75

	Str.
2291. Prędkość pompowania pompy obrotowej olejowej	75
2292. Czas pompowania	76
2293. Charakterystyka pompowania pompy obrotowej olejowej	76
2294. Wydajność i skuteczność pompy obrotowej olejowej	77
23. Pompy działające na zasadzie porywania cząsteczek gazu przez ruchomą powierzchnię	78
231. Zasada działania	78
232. Pompa molekularna	79
233. Pompa molekularna cylindryczna	80
234. Pompa molekularna tarczowa	80
24. Pompy działające na zasadzie porywania cząsteczek gazu przez strumień cieczy	80
241. Pompa wodna (aspirator wodny)	80
25. Pompy działające na zasadzie porywania cząsteczek gazu przez strumień pary	82
2501. Podział pomp	82
2502. Pompy ejektorowe	82
251. Pompy dyfuzyjne	84
2511. Zasada budowy pompy dyfuzyjnej	84
2512. Podstawowe zjawiska występujące w pompach dyfuzyjnych	85
2513. Prędkość pompowania pompy dyfuzyjnej	86
2514. Dysze pomp dyfuzyjnych	88
2515. Rozkład ciśnienia w pompie dyfuzyjnej	91
2516. Ruch gazów w pompie dyfuzyjnej	93
2517. Ciśnienie końcowe pompy dyfuzyjnej	93
2518. Wpływ stanu pracy pompy na jej charakterystyki	94
2519. Pompy dyfuzyjne wielostopniowe	96
252. Pompy dyfuzyjne rtęciowe	96
2521. Pompy jednostopniowe	96
2522. Pompy wielostopniowe	97
2523. Uwagi ogólne o pompach dyfuzyjnych rtęciowych	99
253. Pompy dyfuzyjne olejowe	102
2531. Wstęp	102
2532. Oleje o niskim ciśnieniu par	102
2533. Oleje silikonowe	106
2534. Konstrukcja pomp dyfuzyjnych olejowych	108
2535. Opisy pomp dyfuzyjnych olejowych	110
254. Pompy dyfuzyjne olejowe frakcjonujące	112
2541. Cel i zasada działania pomp frakcjonujących	112
2542. Opisy pomp frakcjonujących	114
255. Pompy pośrednie	118
2551. Zadania pomp pośrednich	118
2552. Opisy pomp pośrednich	119
256. Odrzutniki oleju	121
257. Obieg wody chłodzącej	123
258. Uwagi końcowe o pompach dyfuzyjnych olejowych	124
26. Pompy działające na zasadzie unoszenia naładowanych elektrycznie cząsteczek gazu przez pole elektryczne	128
261. Wstęp	128
262. Zasada działania pomp elektronowych	128
263. Przykłady konstrukcji pomp elektronowych	129
2631. Pompa elektronowa H. Schwarza	129
2632. Pompa elektronowa Foster-Lawrence-Loftgrena	130
27. Współpraca pomp dyfuzyjnych z pompami obrotowymi	131
271. Prędkość pompowania i skuteczność pomp próżniowych	131
272. Wybór pompy próżni wstępnej	131
273. Korzystny czas pompowania	133
274. Praca zespołu: „pompa dyfuzyjna — pompa obrotowa“	134
275. Przykłady	136

	Str.
2751. Wybór pompy próżni wstępnej	136
2752. Prędkość pompowania pompy olejowej	137
2753. Współczynnik prędkości pompowania	137
2754. Układ statyczny	137
2755. Układ dynamiczny	139

3. POMIARY PRÓŻNIOWE

301. Zagadnienie pomiarów próżniowych	140
31. Próżniomierze	140
311. Wstęp	140
312. Próżniomierze mechaniczne	141
313. Próżniomierze hydrostatyczne	142
3131. Barometr rtęciowy skrócony	142
3132. Barometr olejowy skrócony	143
3133. Inne próżniomierze hydrostatyczne	144
314. Podział próżniomierzy wysokich próżni	144
32. Próżniomierze kompresyjne	144
321. Zasada działania	144
322. Próżniomierze McLeoda	145
3221. Zasada budowy i działania	145
3222. Konstrukcje próżniomierzy McLeoda	148
3223. Zakres pomiarowy i czułość próżniomierzy McLeoda	150
3224. Określenie położenia wierzchołka kapilary kompresyjnej metoda ekstrapolacji	150
323. Próżniomierz kompresyjny dwuzakresowy	151
324. Próżniomierz kompresyjny z kapilarą stopniowaną	151
325. Próżniomierz kompresyjny o kompresji wielokrotnej	152
326. Próżniomierz kompresyjny pochyły	153
327. Inne próżniomierze kompresyjne	154
3271. Próżniomierz pokrętny (wakustat)	154
3272. Próżniomierz pokrętny dwuzakresowy (wakuskop)	156
3273. Próżniomierze kompresyjne obrotowe	156
328. Próżniomierze kompresyjne olejowe	157
329. Przykład. Próżniomierz kompresyjny	157
33. Próżniomierze ciepłno-przewodnościowe	158
331. Zasada działania i podział	158
332. Próżniomierze oporowe	159
3321. Zasada działania i podział	159
3322. Układ z galwanometrem	161
3323. Układ z woltomierzem	162
3324. Układy techniczne	162
3325. Układ mostkowy generacyjny	163
3326. Układ ze wzmacniaczem jednolampowym	164
3327. Próżniomierz termistorowy	164
333. Próżniomierze termoelektryczne	165
3331. Zasada działania i konstrukcja	165
3332. Rozkład temperatur wzdłuż drutu oporowego w termoelemencie	167
3333. Czułość próżniomierzy ciepłno-przewodnościowych	168
3334. Rozwiązania konstrukcyjne próżniomierzy ciepłno-przewodnościowych	171
3335. Przykład. Obliczenie termoelementu	172
34. Próżniomierze jonowe	174
3401. Zasada działania i podział	174
341. Próżniomierze jarzeniowe	175
3411. Zasada działania	175
3412. Prosty próżniomierz jarzeniowy	175
3413. Próżniomierze jarzeniowe z polem magnetycznym	175
3414. Próżniomierz jarzeniowy Penninga	176

	Str.
3415. Nowsza konstrukcja głowicy	179
3416. Głowica metalowa próżniomierza jarzeniowego	180
3417. Próżniomierz jarzeniowy o łatwym odgazowywaniu elektrod	181
3418. Działanie sorpcyjne i desorpcyjne próżniomierzy jarzeniowych	181
3419. Próżniomierze złożone	183
342. Próżniomierze jonizacyjne	184
3421. Zasada działania i zasadnicze układy próżniomierzy jonizacyjnych	184
3422. Układ z anodą dodatnią i siatką ujemną	187
3423. Układ z siatką dodatnią i anodą ujemną	188
3424. Układ z wyładowaniem kondensatora	190
3425. Głowica próżniomierza jonizacyjnego	191
3426. Próżniomierze najwyższych próżni	192
3427. Urządzenie zasilająco-pomiarowe	196
3428. Wady próżniomierzy jonizacyjnych	198
343. Przykłady	199
3431. Czułość próżniomierza jonizacyjnego	199
3432. Współczynniki wpływu napięć próżniomierza jonizacyjnego	200
344. Próżniomierze ze źródłem promieniotwórczym	200
3441. Próżniomierz alfatronowy	200
345. Inne metody jonowo-elektronowe pomiaru próżni	203
35. Próżniomierze termomolekularne	205
351. Zasada działania	205
352. Opisy próżniomierzy termomolekularnych	207
3521. Próżniomierz Knudsen	207
3522. Próżniomierz Du Monda i Pickelsa	208
3523. Molwakometr Gaedego	209
3524. Próżniomierz Hughesa	211
3525. Pomiar ciśnień metodą pomiaru czasu wahań	211
3526. Pomiar ciśnień metodą pomiaru amplitud	212
3527. Przykład. Określanie masy cząsteczkowej skutecznej	212
353. Ogólna charakterystyka próżniomierzy termomolekularnych	213
36. Próżniomierze lepkościowe	213
3601. Zasada działania i podział	213
361. Próżniomierz tłumieniowy	213
362. Próżniomierz z tarczą wirującą	214
37. Skalowanie próżniomierzy	215
371. Wstęp	215
372. Metoda dzielnika objętościowego	215
373. Metoda powolnego wzrostu ciśnienia	215
374. Metoda ciśnienia pary rtęci	216
38. Pomiary prędkości pompowania	217
3801. Rodzaje pomiarów	217
381. Metoda stałego ciśnienia	218
382. Metoda stałej objętości	219
383. Metoda stałej ilości gazu	219
384. Pomiar skuteczności pompy	220
385. Przykłady	221
3851. Pomiar prędkości pompowania metodą stałego ciśnienia	221
3852. Pomiar prędkości pompowania metodą stałej objętości	221
3853. Pomiar skuteczności pompy	222
39. Uwagi końcowe	222
4. POLEPSZANIE WYSOKIEJ PRÓŻNI	
401. Wstęp	225
41. Polepszanie próżni przez pochłanianie	225
4101. Materiały pochłaniające, ich działanie i cel stosowania	225
4102. Skuteczność pochłaniania	226
4103. Równania adsorpcji gazu	226

	Str
411. Pochłanianie przez substancje porowate	228
4111. Węgiel aktywowany w temperaturze ciekłego powietrza	229
412. Pochłanianie przez wiązanie chemiczne	229
413. Pochłanianie w obecności gorącego drutu wolframowego	230
414. Pochłanianie w obecności wyładowań elektrycznych	231
415. Pochłanianie przez czyste powierzchnie metali	232
42. Pochłaniacze metaliczne	234
421. Podział	234
422. Pochłaniacze sorpcyjne	234
423. Pochłaniacze korozyjne	234
4231. Tabletki	236
4232. Rurki	236
4233. Warstwa związków baru na rdzeniu metalowym	237
4234. Inne sposoby wydzielania czystego baru	237
424. Budowa pochłaniaczy korozyjnych i ich rozpylanie	238
425. Zakres stosowalności pochłaniaczy	241
43. Usuwanie par za pomocą pochłaniaczy	241
431. Usuwanie pary rtęci za pomocą pochłaniaczy	241
432. Usuwanie pary wodnej	242
44. Polepszanie próżni przez wymrażanie	243
441. Zasada wymrażania	243
442. Racjonalny przebieg procesu wymrażania	244
443. Prędkość działania wymrażarki	245
4431. Przykład. Prędkość wymrażania pary wodnej i dwutlenku węgla	245
444. Temperatura ciekłego powietrza	246
45. Otrzymywanie najwyższych próżni	246
451. Zasada otrzymywania najwyższych próżni	246
452. Aparatura do otrzymywania najniższych ciśnień	247
453. Prędkość pompowania próżniomierza pochłaniającego	247
4531. Prędkość pompowania chemicznego	247
4532. Prędkość pompowania elektrycznego	248

5. UTRZYMYWANIE WYSOKIEJ PRÓŻNI

501. Warunki utrzymania wysokiej próżni	250
51. Szkło stosowane w technologii próżni	251
511. Szkła i ich podział	251
512. Zależność właściwości szkła od temperatury	252
513. Współczynnik rozszerzalności liniowej szkła	255
514. Ważniejsze rodzaje szkieł stosowanych w technologii próżni	257
515. Spajanie różnych rodzajów szkieł	261
516. Ogólne dane dotyczące stosowania różnych rodzajów szkieł	262
517. Naprężenia w szkłe	263
5171. Usuwanie naprężeń	263
5172. Kontrola naprężeń	263
518. Przykład. Współczynnik rozszerzalności szkła	263
52. Materiały ceramiczne stosowane w technologii próżni	264
521. Ogólna charakterystyka	264
522. Porcelana	265
523. Materiały oparte na krzemianach magnezu	266
524. Materiały oparte na tlenkach metali	266
53. Spajanie szkła z materiałami ceramicznymi	267
54. Spajanie szkła z metalem	268
541. Warunki spojenia szczelnego i mocnego	268
542. Spajanie przy podobieństwie współczynników rozszerzalności szkła i metalu	269
5421. Metale i stopy o odpowiednich współczynnikach rozszerzalności	269

	Str
5422. Wtapianie i przyspajanie	273
543. Spojenie o przejściu elastycznym	274
55. Spajanie materiałów ceramicznych z metalami	275
551. Przyspajanie	275
552. Przejścia metalowe	276
553. Pokrywanie materiałów ceramicznych metalami	277
56. Odgazowywanie materiałów do potrzeb wysokiej próżni	278
5601. Usuwanie gazów okludowanych	278
561. Odgazowywanie uprzednie metali	278
562. Piece do odgazowywania metali	280
5621. Piece próżniowe	280
5622. Piec próżniowy wielkiej częstotliwości	281
5623. Piec wodorowy	281
563. Odgazowywanie metali na pompie	281
564. Odgazowywanie szkła	282
565. Odgazowywanie innych materiałów	283
5651. Mika	283
5652. Azbest	283
566. Oczyszczanie wnętrza przyrządów próżniowych	284

6. APARATURA PRÓŻNIOWA

601. Wstęp	285
6011. Układy próżniowe statyczne i dynamiczne	285
61. Przewody próżniowe i urządzenia rozdzielcze	286
611. Kanał próżniowy	286
6111. Odtapianie od pompy	287
612. Połączenia próżniowe	288
6121. Złącza	288
6122. Połączenia giętkie	290
6123. Szlify	292
613. Krany i zawory	294
6131. Krany	295
6132. Zawory metalowe	296
6133. Zawory rtęciowe	297
6134. Zawory bezsmarowe	298
6135. Zawory bezsmarowe dla najwyższych próżni	298
6136. Zawory o przełocie regulowanym	299
6137. Różne przejście uszczelnione	300
62. Elementy pomocnicze aparatury próżniowej	301
621. Zbiornik próżni wstępnej	301
622. Suszki	302
623. Wymrażarki	304
6231. Naczynie Dewara	305
624. Pochłaniacze z węglem aktywowanym	306
625. Zbiorniki gazów czystych	307
63. Wygrzewanie na pompie	308
631. Piece gazowe i elektryczne	308
632. Piece wielkiej częstotliwości	309
6321. Obliczanie cewki grzejnej	309
6322. Przykład. Piec wielkiej częstotliwości	310
6323. Schemat pieca wielkiej częstotliwości	311
64. Określanie stanu próżni za pomocą wyładowań elektrycznych	313
641. Obserwacja zjawisk świetlnych	313
642. Wyładowanie jarzeniowe	313
643. Wskaźniki stanu próżni	315
644. Źródła napięcia do badania stanu próżni	317
65. Wykrywanie nieszczelności	317

	Str.
651. Wykrywanie nieszczelności w czasie pracy aparatury	318
6511. Wykrywanie nieszczelności za pomocą iskry	319
6512. Wykrywanie nieszczelności za pomocą wyładowań jarzeniowych	319
6513. Wykrywanie nieszczelności za pomocą próżniomierzy znajdujących się w aparaturze	320
6514. Wykrywanie nieszczelności za pomocą spektrometru mas	321
6515. Warunki czułości układu na impuls gazu próbnego	323
652. Wykrywanie nieszczelności przez specjalne postępowanie	324
6521. Sposób „baniek mydlanych“	324
6522. Sposób „chlorowcowy“	324
6523. Sposób „wodorowy“	325
66. Opisy aparatów wysokiej próżni	326
661. Proste aparaty wysokiej próżni z pompą dyfuzyjną rtęciową	326
662. Aparatura wysokiej próżni z pompami dyfuzyjnymi olejowymi	327
663. Aparatura wysokiej próżni z możliwością poprawiania próżni wstępnej	328
664. Aparatura wysokiej próżni do napełniania przyrządów gazami specjalnymi	328
665. Aparatura wysokiej próżni do określania zawartości gazów w metalu	329
666. Aparatura wysokiej próżni do celów metalurgicznych	330
667. Aparatura wysokiej próżni do przyrządów próżniowych rozbiernych	331
668. Automaty pompowe	332
67. Metalizowanie próżniowe	335
671. Rodzaje i sposoby metalizowania próżniowego	335
672. Metalizowanie przez naparowywanie cieplne	335
6721. Urządzenia do metalizowania próżniowego	337
673. Metalizowanie przez napyłanie katodowe	339
Wykaz piśmiennictwa	342
Skorowidz ważniejszych pojęć	344