

SPIS TREŚCI

WSTĘP

A. Ogólne własności cieczy

1. Założenie ciągłości materii	1
2. Płyiny. Podział płynów na ciecze i gazy	2
3. Siły działające na ciecz	3
4. Naprężenia w cieczach	3
5. Gęstość, ciężar właściwy i objętość właściwa cieczy	4
6. Rozszerzalność cieplna cieczy	7
7. Ścisłość cieczy	9
8. Lepkość i zawiesistość cieczy	10
9. Spójność i przyleganie	17
10. Rozpuszczalność gazów w cieczach	25

B. Określenie i podział hydromechaniki

1. Hydromechanika jako nauka matematyczno-fizyczna	27
2. Ciecz doskonała	28
3. Podział hydromechaniki	29
4. Hydraulika	30
5. Hydrodynamika a hydraulika	30
6. Hydromechanika techniczna	30
7. Hydromechanika i aeromechanika	31

C. O układach jednostek miar stosowanych w hydromechanice

1. O jakościowym i ilościowym opisie zjawisk hydromechanicznych	31
2. Wzory wielkościowe	31
3. Wzory liczbowe	32
4. Wymiary wielkości fizycznych	32
5. Klasyfikacja wielkości fizycznych	33
6. Jednostki miar	33
7. Wzorce miar	34
8. System metryczny	35
9. Zamiana jednostek miar	35
10. Zamiana wzorów liczbowych w zależności od jednostek miar	35

CZĘŚĆ I. HYDROSTATYKA

§ 1. Wiadomości wstępne	39
1. Określenie hydrostatyki	39
2. Siły działające na ciecz w spoczynku	39
3. Siły powierzchniowe	39
4. Siły masowe	40
✓ § 2. Prawo niezależności ciśnienia od orientacji elementu powierzchniowego (prawo Eulera).....	41
§ 3. Prawo Pascala	42
1. Prawo równomiernego rozchodzenia się ciśnienia w cieczy	42
2. Prasa hydrauliczna	43
Ćwiczenia 1÷3	44
§ 4. Różniczkowe równania równowagi cieczy	45
1. Równania równowagi we współrzędnych prostokątnych	45
2. Równania równowagi we współrzędnych walcowych	46
3. Równanie wektorialne równowagi cieczy	48
§ 5. Równowaga cieczy w potencjalnym polu sił	48
1. Zależność pomiędzy ciśnieniem a siłami masowymi	48
2. Powierzchnie jednakowego ciśnienia	50
3. Powierzchnie jednakowego ciśnienia w potencjalnym polu sił	50
Przykład	51
§ 6. Równowaga cieczy w jednorodnym polu ciężkości	52
1. Ciśnienie hydrostatyczne	52
2. Wysokość ciśnienia	54
3. Atmosfera techniczna i atmosfera fizyczna	55
4. Równowaga dwu cieczy nie mieszających się z sobą	55
5. Równowaga cieczy ściśliwej w jednorodnym polu ciężkości	56
Ćwiczenie	57
§ 7. Równowaga płynu ściśliwego w jednorodnym polu ciężkości	58
Ćwiczenie	60
§ 8. Równowaga cieczy w naczyniach połączonych	60
1. Naczynia połączone, wypełnione jedną cieczą	60
2. Naczynia połączone, wypełnione dwiema cieczami, nie mieszającymi się z sobą	61
Ćwiczenie	62
§ 9. Podstawy teoretyczne pomiaru ciśnień za pomocą manometrów naczyniowych	62
A. Rodzaje ciśnień i jednostki ciśnienia	
1. Rodzaje ciśnień	62
2. Atmosfera fizyczna	63
3. Atmosfera techniczna	63
4. Porównanie jednostek miar ciśnienia	64

B. Pomiary ciśnień

1. Zasada pomiaru hydrostatycznego ciśnień	64
2. Piezometr	65
3. Manometr naczyniowy otwarty	65
4. Wakuometr	66
5. Barometr naczyniowy	66

C. Pomiary spadku ciśnienia

1. Określenia wstępne	67
2. Manometry rtęciowe różnicowe	67
Ćwiczenie	73

§ 10. Napór cieczy na ściany naczyń

1. Napór hydrostatyczny na płaskie ściany poziome	73
2. Twierdzenie <i>Stevina</i>	74
3. Napór hydrostatyczny na ściany płaskie dowolnie w przestrzeni zorientowane	75
4. Napór hydrostatyczny na ściany zakrzywione	79
Ćwiczenia 1 ÷ 11	82

§ 11. Wypór hydrostatyczny

1. Wypór hydrostatyczny na ciało nieswobodnie zanurzone w cieczy	88
2. Wypór hydrostatyczny na ciało swobodnie zanurzone w cieczy	89
3. Ruch ciała zanurzonego w cieczy	90
Ćwiczenia 1 ÷ 7	91

§ 12. Równowaga ciał pływających

1. Określenia wstępne	94
2. Warunki równowagi ciała pływającego	95
3. Wychylenia statku w kierunku pionowym	95
4. Obrót dookoła osi podłużnej statku	97
5. Wahania statku dookoła poziomej osi podłużnej	101
6. Doświadczalne wyznaczenie wysokości metacentrycznej statku	102
Ćwiczenie	102

§ 13. Równowaga względna cieczy

1. Naczynie porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym	106
2. Naczynie porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym w kierunku pionowym	106
3. Naczynie porusza się po płaszczyźnie poziomej ze stałym przyspieszeniem	108
4. Naczynie wypełnione cieczą porusza się ruchem prostoliniowym jednostajnie przyspieszonym w kierunku nachylonym do poziomu pod kątem β	110
5. Naczynie cylindryczne, wypełnione cieczą, wiruje dookoła swej pionowej osi ze stałą prędkością kątową	112
6. Zamknięte naczynie cylindryczne, wypełnione całkowicie cieczą, wiruje dookoła swej pionowej osi ze stałą prędkością kątową	117

7. Warunki względnej równowagi cieczy, obracającej się dookoła osi poziomej	118
Ćwiczenia 1 ÷ 7	119

CZĘŚĆ II. DYNAMIKA CIECZY DOSKONAŁEJ

§ 1. Wiadomości wstępne	125
§ 2. Podstawy kinematyki cieczy doskonałej	125
1. Ruch molarny cieczy	125
2. Element cieczy	126
3. Warunki kinematycznej spójności	126
4. Ruch chwilowy elementu cieczy	126
5. Pola fizyczne w hydromechanice	127
6. Podstawy geometrii ruchu w ujęciu wektorialnym	128
6.1. Pole prądu i pole ciśnień	128
6.2. Ruch cieczy ustalony i zmienny	128
6.3. Pole prądu	128
6.4. Natężenie przepływu	129
7. Podstawy geometrii ruchu w ujęciu analitycznym	130
7.1. Równanie linii prądu	131
7.2. Zależności pomiędzy prędkościami i przyśpieszeniami	131
7.3. Powierzchnie prądu	132
7.4. Natężenie przepływu	132
§ 3. Ruch równoległy cieczy	133
1. Określenia wstępne	133
2. Warunek ciągłości ruchu równoległego	133
3. Równania hydrodynamiczne ruchu równoległego	135
4. Natężenie przepływu	136
5. Warunek ciągłości dla kilku strug z sobą połączonych	137
§ 4. Twierdzenie Daniela Bernoulliego	138
1. Równanie D. Bernoulliego dla ruchu cieczy doskonałej, odbywającego się pod działaniem sił zachowawczych	138
2. Równanie B. Bernoulliego dla ruchu cieczy doskonałej, odbywającego się w jednorodnym polu ciężkości	140
3. Zwężka Venturiego	141
Ćwiczenia 1 ÷ 11	144
§ 5. Zjawiska ruchu swobodnego cieczy	149
1. Określenia wstępne	149
2. Wypływ ustalony przez mały otwór w obszernym zbiorniku	150
3. Formuły de Chézy'ego	152
4. Wypływy ustalone przez duże otwory	153
5. Przelewy	155
6. Czas wypływu cieczy ze zbiornika	158
Ćwiczenia 1 ÷ 6	160

§ 6. Ogólny ruch cieczy	163
Klasyfikacja i charakterystyka metod	163
A. Metody analityczne	
A. 1. Równania ciągłości ruchu	164
1. Równania ciągłości ruchu we współrzędnych prostokątnych	164
2. Równania ciągłości ruchu we współrzędnych walcowych	166
3. Równania ciągłości ruchu we współrzędnych naturalnych	167
A. 2. Równania hydrodynamiczne	168
1. Klasyfikacja i charakterystyka metod analitycznych	168
2. Równania hydrodynamiczne <i>Lagrange'a</i>	169
3. Ogólne równania hydrodynamiczne <i>Eulera</i> we współrzędnych prostokątnych	170
4. Ogólne równania hydrodynamiczne <i>Eulera</i> we współrzędnych walcowych	173
5. Ogólne równania hydrodynamiczne we współrzędnych naturalnych	176
B. Metoda wektorialna	
1. Warunek ciągłości ruchu	178
2. Twierdzenie <i>Gaussa</i>	179
3. Równanie hydrodynamiczne	180
§ 7. Ruch cieczy w jednorodnym polu ciężkości	181
1. Równania hydrodynamiczne we współrzędnych prostokątnych	181
2. Równania hydrodynamiczne we współrzędnych walcowych	182
3. Równania hydrodynamiczne we współrzędnych naturalnych	183
§ 8. Ruch potencjalny cieczy	184
1. Potencjał prędkości	184
2. Kryterium istnienia potencjału prędkości	186
3. Równanie ciągłości ruchu potencjalnego	187
4. Równania hydrodynamiczne ruchu potencjalnego	188
5. Równanie energetyczne ruchu potencjalnego	189
6. Powierzchnie jednakowego potencjału prędkości	191
7. Cechy pola potencjalnego prędkości	192
8. Równanie linii prądu	193
9. Metoda źródeł i upustów	193
Ćwiczenia 1 ÷ 2	194
§ 9. Ruch wirowy	196
1. Podstawy geometrii ruchu wirowego	196
2. Obrót chwilowy elementu cieczy	197
3. Rotor wektora prędkości	198
4. Ruch potencjalny i ruch wirowy	199

5. Warunek ciągłości ruchu wirowego	200
6. Krążenie prędkości	201
7. Twierdzenie <i>Stokesa</i>	201
8. Twierdzenie <i>Helmholtza</i> o niezmienności natężenia strugi wirowej	205
9. Ruch wirowy cieczy w polu potencjalnym	206
9. 1. Twierdzenie <i>Thomsona</i> o zachowaniu wirowości	206
9. 2. Twierdzenie <i>Helmholtza</i> o trwałości linii wirowych	206
§ 10. Płaski ruch potencjalny	208
Przykłady 1 ÷ 4.	212
Ćwiczenia 1 ÷ 7	215
§ 11. Ruch osiowo-symetryczny	216
1. Rozważania ogólne	216
2. Przykłady ruchu osiowo-symetrycznego. Zagadnienia <i>Prášila</i>	218
3. Obliczenie rury ssawnej turbiny wodnej	222
Ćwiczenia 1 ÷ 3	227
§ 12. Ruch okresowo-symetryczny względem osi	229
§ 13. O sprawności dynamiki cieczy doskonałej	233
CZĘŚĆ III. DYNAMIKA CIECZY RZECZYWISTYCH	
§ 1. Wiomości wstępne	23
ROZDZIAŁ I. RUCH UWARSTWIONY	
2. Przepływy uwarstwione przez przewody	241
1. Określenia i wiadomości wstępne	241
2. Ustalony osiowo-symetryczny przepływ uwarstwiony przez prostoosiową gładką rurę o kołowym przekroju	241
3. Ustalony przepływ uwarstwiony przez prostoosiowy kanał o przekroju prostokątnym	244
Ćwiczenia 1 ÷ 4	246
§ 3. Ogólne równania ruchu uwarstwowionego	251
1. Równania <i>Stokesa</i> we współrzędnych prostokątnych	251
2. Równania <i>Stokesa</i> we współrzędnych walcowych	257
Ćwiczenia 1 ÷ 2	262
ROZDZIAŁ II. RUCH BURZLIWY	
§ 4. Doświadczenia <i>Osborne Reynoldsa</i>	265
Ćwiczenia 1 ÷ 2	269
§ 5. Równania różniczkowe ruchu burzliwego	270

§ 6. Fenomenologiczna teoria ruchu cieczy rzeczywistych <i>prof. M. Broszki</i>	274
§ 7. Ustalony osiowo-symetryczny prostoliniowy przepływ burzliwy przez prostoosiową gładką rurę o kołowym przekroju	278
§ 8. Racjonalna teoria ruchu cieczy rzeczywistych <i>prof. M. Broszki</i>	283
1. Zadania racjonalnej teorii ruchu cieczy rzeczywistych	283
2. Ruch uwarstwiony	283
3. Ruch burzliwy	286
3.1. Cechy fizyczne ruchy burzliwego	286
3.2. Przekształcenie formuł <i>Reynoldsa</i>	287
3.3. Ogólne równania ruchu burzliwego we współrzędnych walcowych ..	288
3.4. Ustalony osiowo-symetryczny burzliwy ruch cieczy w pierścieniowej szczelinie pomiędzy dwoma wirującymi współśrodkowymi walcami	290
3.5. Równania ustalonego osiowo-symetrycznego przepływu burzliwego przez prostoosiową gładką rurę o kołowym przekroju	292
3.6. Doświadczenia nad osiowo-symetrycznym przepływem w prostoosiowej rurze o kołowym przekroju	293
3.7. O sprawności teorii racjonalnej ruchu cieczy rzeczywistych	294
§ 9. Widoki rozwoju dynamiki cieczy rzeczywistych	296
LITERATURA	299
TABLICE POMOCNICZE	303
SKOROWIDZ NAZWISK	311
SKOROWIDZ RZECZOWY	313