

수학·물리·화학·공학 공식 백과사전 통합판

기존 587 쪽 본문 + STEM_formula_encyclopedia_ko 비중복 추가 카드

통합 원칙

이 통합판은 587 쪽판의 본문 목차와 학습 흐름을 중심으로 두고, 836 쪽판의 초반 형식 (사용법, 기호 빠른 참조, 목차 지도) 을 반영했다. 기존 587 쪽판의 목차 페이지에서 숫자와 제목이 불거나 겹치던 부분은 새 목차 표로 다시 만들었다. STEM_formula_encyclopedia_ko 의 카드 중 587 쪽판 텍스트와 정규화된 공식 또는 제목이 명확히 겹치는 항목은 제외하고, 나머지는 뒤쪽 부록으로 추가했다.

생성일: 2026-07-07
기존 본문 카드: 530 개 / 통합 추가 카드: 474 개
본문 기준: 587 쪽판의 목차와 페이지 번호

사용법

3 단계 학습법

1. 공식만 보지 말고 **상황**을 먼저 말한다. 예: “전압분배는 직렬저항 두 개에서 출력 노드를 잡을 때 쓴다.”
2. 변수와 단위를 확인한다. 공학 공식의 절반은 단위 실수에서 틀린다.
3. 비슷한 공식과 구분한다. 전압분배와 전류분배, 열전도와 대류, 라플라스와 푸리에처럼 헷갈리는 쌍을 비교한다.

난이도 표기

초등	산술, 비율, 단위, 평균처럼 모든 계산의 바닥.
중등	일차·이차방정식, 함수, 도형, 기본 대수.
고등	삼각법, 미적분 입문, 고전역학과 일반화학 기본.
대학	선형대수, 미분방정식, 확률통계, 전자기학, 회로, 신호, 열유체.
대학원	장 이론, 양자·고체, 고급 제어, FEM, 공정·로봇·통계 모델.
연구	실제 논문·모델링에서 가정 검토와 수치 검증이 필요한 수준.

카드 읽기 질문

식 하나를 볼 때마다 “무엇이 보존되는가?”, “독립변수와 종속변수는 무엇인가?”, “단위가 맞는가?”, “경계조건과 초기조건은 무엇인가?”, “어떤 근사 조건에서 깨지는가?”를 먼저 확인한다.

기호 빠른 참조

기호	의미
$\sum$	이산적인 항을 모두 더함.
$\int$	연속적인 양을 누적함.
∇	공간 변화율 연산자. gradient, divergence, curl 에 사용.
∂	편미분. 여러 변수 중 하나만 변화시킴.
Δ	유한한 변화량 또는 차이.
δ	작은 변화량, 변분, 델타함수 등 문맥에 따라 달라짐.
j 또는 i	허수단위. 전자공학에서는 전류 i 와 구분하려고 j 를 자주 사용.
ω	각주파수. 보통 $\omega = 2\pi f$.
τ	시간상수, 토크, 전단응력 등 문맥에 따라 다름.
ϵ, μ	유전율과 투자율, 또는 작은 수와 평균 등 문맥 확인 필요.
$k_B, h, \hbar$	볼츠만 상수, 플랑크 상수, 환산 플랑크 상수.
N_A, F, R	아보가드로 수, 패러데이 상수, 기체상수.

목차 지도

587 쪽판 기준 큰 지도

- I. 수학 기초에서 고등수학까지
- II. 대학 수학 핵심 공식
- III. 대학원 이후 수학과 연구 도구
- IV. 물리학 공식 백과
- V. 화학 공식 백과
- VI. 공학 공식 백과
- VII. 빠른 검색용 공식 카드 아틀라스
- 부록 A. STEM_formula_encyclopedia_ko 비중복 추가 카드

추가된 비중복 카드 분포

분야	추가 수	주요 절
수학	170	기초산술 12 개, 기하와삼각법 27 개, 다변수와벡터해석 16 개, 대수와함수 15 개, 미분방정식과변환 24 개, 선형대수 16 개, 수치해석최적화이산수학 17 개, 일변수미적분 25 개, 확률통계정보 18 개
물리	127	고전역학 24 개, 열역학통계역학 19 개, 전자기학광학 38 개, 진동파동유체 22 개, 현대물리양자고체 24 개
화학	42	분석유기무기재료화학 17 개, 일반화학물리화학 25 개
공학	135	기계토목열유체재료 28 개, 신호시스템제어통신 43 개, 화공에너지로봇컴퓨팅연구 28 개, 회로전자반도체 36 개

겹침 수정본 목차

아래 목차는 587 쪽판 본문 페이지 번호를 그대로 따른다. 기존 PDF 에서 긴 번호와 제목이 붙거나 겹치던 부분을 줄바꿈 가능한 표로 다시 배치했다.

구분	제목	쪽
Part	I. 수학 기초에서 고등수학까지	1
장	1 초등 산술과 수감각	2
절	1.1 자연수와 사칙연산	3
절	1.2 약수, 배수, 소인수분해	4
절	1.3 분수와 유리수	5
절	1.4 비, 비례식, 스케일링	6
절	1.5 백분율, ppm, 로그 스케일	7
절	1.6 단위 변환과 차원	8
절	1.7 거듭제곱과 지수법칙	9
절	1.8 로그와 지수함수	10
절	1.9 근호와 무리수	11
절	1.10 절댓값과 거리	12
절	1.11 일차방정식과 선형모델	13
절	1.12 이차방정식과 판별식	14
절	1.13 다항식과 인수정리	15
절	1.14 부등식의 기본	16
장	2 기하와 좌표	17
절	2.1 평면좌표와 거리	18
절	2.2 직선의 방정식	19
절	2.3 원과 접선	20
절	2.4 삼각형 공식	21
절	2.5 기본 입체도형	22
절	2.6 닮음과 스케일 법칙	23
장	3 삼각함수와 복소수	24
절	3.1 삼각함수 정의	25
절	3.2 삼각함수 덧셈정리	26
절	3.3 삼각함수 배각과 반각	27
절	3.4 복소수와 Euler 공식	28
절	3.5 phasor 와 위상	29
장	4 함수와 대수 구조	30
절	4.1 함수, 정의역, 치역	31
절	4.2 역함수	32
절	4.3 합성함수와 체인룰의 예고	33
절	4.4 유리함수	34
절	4.5 초월함수	35
절	4.6 수열과 점화식	36
절	4.7 급수와 수렴	37
Part	II. 대학 수학 핵심 공식	38
장	5 미적분학	39
절	5.1 극한의 기본	40
절	5.2 연속성과 중간값 정리	41
절	5.3 미분계수와 접선	42
절	5.4 미분법칙	43
절	5.5 표준 도함수	44
절	5.6 고계도함수와 Taylor 전개	45
절	5.7 최적화의 1 차원 조건	46
절	5.8 Riemann 적분	47
절	5.9 치환적분	48
절	5.10 부분적분	49

구분	제목	쪽
절	5.11 이상적분과 수렴	50
장	6 다변수 미적분과 벡터해석	51
절	6.1 편미분과 gradient	52
절	6.2 Jacobian 과 변수변환	53
절	6.3 Hessian 과 다변수 최적화	54
절	6.4 선적분	55
절	6.5 면적분과 flux	56
절	6.6 divergence 와 curl	57
절	6.7 Green 정리	58
절	6.8 Gauss 발산정리	59
절	6.9 Stokes 정리	60
절	6.10 좌표계의 미소요소	61
장	7 선형대수	62
절	7.1 벡터공간	63
절	7.2 내적과 노름	64
절	7.3 행렬 곱과 선형변환	65
절	7.4 행렬식	66
절	7.5 rank 와 nullity	67
절	7.6 Gauss 소거와 LU	68
절	7.7 고유값과 고유벡터	69
절	7.8 대칭행렬과 직교대각화	70
절	7.9 특이값분해	71
절	7.10 최소제곱	72
절	7.11 QR 분해	73
절	7.12 Jordan 형식	74
절	7.13 Kronecker product 와 vec	75
절	7.14 행렬 미분	76
장	8 미분방정식과 변환	77
절	8.1 1 계 선형 미분방정식	78
절	8.2 상수계수 선형 ODE	79
절	8.3 조화진동자	80
절	8.4 Laplace 변환	81
절	8.5 Fourier 급수	82
절	8.6 Fourier 변환	83
절	8.7 Z 변환	84
절	8.8 PDE 의 분류	85
절	8.9 열방정식	86
절	8.10 파동방정식	87
절	8.11 Laplace 와 Poisson 방정식	88
절	8.12 Green 함수	89
장	9 확률과 통계	90
절	9.1 확률의 공리	91
절	9.2 조건부확률과 Bayes	92
절	9.3 기댓값과 분산	93
절	9.4 대표 분포	94
절	9.5 공분산과 상관	95
절	9.6 중심극한정리	96
절	9.7 최대가능도	97
절	9.8 가설검정	98
절	9.9 선형회귀	99
절	9.10 Markov chain	100
장	10 최적화와 계산	101
절	10.1 무제약 최적화	102
절	10.2 Lagrange 승수	103
절	10.3 KKT 조건	104
절	10.4 볼록성	105
절	10.5 Newton 방법	106
절	10.6 동적계획법	107
장	11 수치해석	108
절	11.1 오차와 조건수	109
절	11.2 Newton-Raphson 근 찾기	110
절	11.3 수치미분	111
절	11.4 수치적분	112
절	11.5 ODE 수치해석	113
절	11.6 유한차분법	114

구분	제목	쪽
절	11.7 유한요소법 약형	115
절	11.8 FFT와 복잡도	116
장	12 이산수학과 정보	117
절	12.1 집합과 논리	118
절	12.2 관계와 함수	119
절	12.3 그래프 이론	120
절	12.4 조합론	121
절	12.5 정보이론	122
절	12.6 알고리즘 복잡도	123
Part	III. 대학원 이후 수학과 연구 도구	124
장	13 고급 수학과 이론 물리 도구	125
절	13.1 실해석: 수렴	126
절	13.2 측도와 Lebesgue 적분	127
절	13.3 함수공간	128
절	13.4 Hilbert 공간	129
절	13.5 Banach fixed point	130
절	13.6 분포와 generalized function	131
절	13.7 복소해석: Cauchy-Riemann	132
절	13.8 Cauchy 적분공식과 residue	133
절	13.9 특수함수: Gamma와 Beta	134
절	13.10 Bessel 함수	135
절	13.11 Legendre와 spherical harmonics	136
절	13.12 변분법	137
절	13.13 미분기하: 곡선과 곡률	138
절	13.14 다양체와 텐서	139
절	13.15 곡률 텐서	140
절	13.16 Lie 군과 Lie 대수	141
절	13.17 군 표현론	142
절	13.18 외미분 형식	143
절	13.19 stochastic calculus	144
절	13.20 Sobolev와 약해	145
절	13.21 Renormalization group	146
Part	IV. 물리학 공식 백과	147
장	14 고전역학과 해석역학	148
절	14.1 기본 운동학	149
절	14.2 Newton 법칙	150
절	14.3 일과 에너지	151
절	14.4 운동량과 충격량	152
절	14.5 원운동	153
절	14.6 회전역학	154
절	14.7 관성모멘트	155
절	14.8 중력	156
절	14.9 Lagrange 역학	157
절	14.10 Hamilton 역학	158
절	14.11 Poisson bracket	159
절	14.12 중심력과 궤도	160
절	14.13 강체의 Euler 방정식	161
절	14.14 소진동과 정상모드	162
장	15 파동, 유체, 열 및 통계역학	163
절	15.1 단순 조화운동	164
절	15.2 감쇠와 강제진동	165
절	15.3 파동의 기본	166
절	15.4 음파	167
절	15.5 유체 정역학	168
절	15.6 연속방정식	169
절	15.7 Euler와 Bernoulli	170
절	15.8 Navier-Stokes	171
절	15.9 경계층	172
절	15.10 난류 스케일	173
절	15.11 열역학 제 0, 1 법칙	174
절	15.12 열역학 제 2 법칙	175
절	15.13 상태방정식	176
절	15.14 열역학 퍼텐셜	177
절	15.15 Maxwell 관계	178
절	15.16 통계역학 기본	179

구분	제목	쪽
절	15.17 분포 함수	180
절	15.18 상전이와 critical exponent	181
장	16 전자기학과 광학	182
절	16.1 Coulomb 법칙과 전기장	183
절	16.2 Gauss 법칙	184
절	16.3 전기쌍극자와 다중극	185
절	16.4 정전기 에너지와 capacitance	186
절	16.5 정자기	187
절	16.6 Ampere 와 vector potential	188
절	16.7 Faraday 유도	189
절	16.8 Maxwell 방정식	190
절	16.9 전자기파	191
절	16.10 경계조건	192
절	16.11 Poynting 정리	193
절	16.12 Fresnel 계수	194
절	16.13 회절과 Fourier optics	195
절	16.14 도파관	196
절	16.15 안테나	197
장	17 현대물리와 연구 수준 이론	198
절	17.1 특수상대론	199
절	17.2 4-vector 와 전자기 텐서	200
절	17.3 일반상대론	201
절	17.4 양자역학 공리	202
절	17.5 Schrodinger 방정식	203
절	17.6 불확정성과 교환자	204
절	17.7 각운동량	205
절	17.8 섭동이론	206
절	17.9 산란	207
절	17.10 밀도행렬	208
절	17.11 양자장론 기본	209
절	17.12 Dirac 방정식	210
절	17.13 고체 물리	211
절	17.14 초전도 BCS	212
절	17.15 플라즈마	213
절	17.16 핵물리와 붕괴	214
절	17.17 입자물리 표준모형 개요	215
절	17.18 우주론	216
Part	V. 화학 공식 백과	217
장	18 일반화학과 물리화학 기초	218
절	18.1 물과 화학량론	219
절	18.2 원자 구조	220
절	18.3 전자배치와 유효핵전하	221
절	18.4 이상기체와 혼합기체	222
절	18.5 실제기체	223
절	18.6 용액 농도	224
절	18.7 묽은 용액 총괄성	225
절	18.8 열화학	226
절	18.9 엔트로피와 Gibbs 에너지	227
절	18.10 화학평형	228
절	18.11 산과 염기	229
절	18.12 용해도 평형	230
절	18.13 전기화학	231
절	18.14 화학반응속도	232
절	18.15 반응 메커니즘	233
장	19 고급화학, 분석, 재료화학	234
절	19.1 양자화학: Born-Oppenheimer	235
절	19.2 Hartree-Fock	236
절	19.3 DFT	237
절	19.4 분자궤도와 Hückel	238
절	19.5 분자 진동	239
절	19.6 회전 스펙트럼	240
절	19.7 전자 전이와 Franck-Condon	241
절	19.8 군론과 선택규칙	242
절	19.9 통계열역학	243
절	19.10 흡착 등온식	244

구분	제목	쪽
절	19.11 촉매와 Michaelis-Menten	245
절	19.12 고분자	246
절	19.13 결정과 Bragg 법칙	247
절	19.14 결합과 확산	248
절	19.15 상평형과 Gibbs phase rule	249
절	19.16 분석화학: Beer-Lambert	250
절	19.17 크로마토그래피	251
절	19.18 질량분석	252
절	19.19 NMR	253
절	19.20 전산화학 분자동역학	254
Part	VI. 공학 공식 백과	255
장	20 전기전자공학	256
절	20.1 Ohm 법칙과 전력	257
절	20.2 Kirchhoff 법칙	258
절	20.3 RC 회로	259
절	20.4 RL 회로	260
절	20.5 RLC 공진	261
절	20.6 Thevenin 과 Norton	262
절	20.7 AC 전력	263
절	20.8 2-port network	264
절	20.9 전송선	265
절	20.10 Smith chart 핵심	266
절	20.11 다이오드	267
절	20.12 BJT	268
절	20.13 MOSFET 장채널	269
절	20.14 Op amp 이상모델	270
절	20.15 필터	271
절	20.16 잡음	272
절	20.17 ADC 와 양자화	273
절	20.18 CMOS 동적전력	274
절	20.19 전력전자 buck	275
장	21 신호, 제어, 통신	276
절	21.1 LTI 시스템	277
절	21.2 Convolution	278
절	21.3 Sampling theorem	279
절	21.4 DTFT 와 DFT	280
절	21.5 상태공간	281
절	21.6 안정성	282
절	21.7 Feedback	283
절	21.8 PID 제어	284
절	21.9 Root locus	285
절	21.10 Bode 와 Nyquist	286
절	21.11 Kalman filter	287
절	21.12 통신 채널	288
절	21.13 AM, FM	289
절	21.14 디지털 변조	290
절	21.15 정보와 코딩	291
장	22 기계, 토목, 화학공학, 항공, 로봇	292
절	22.1 공학 정역학	293
절	22.2 재료역학: 응력과 변형률	294
절	22.3 축하중과 열응력	295
절	22.4 비틀림	296
절	22.5 보 굽힘	297
절	22.6 Euler-Bernoulli 보	298
절	22.7 좌굴	299
절	22.8 파괴역학	300
절	22.9 피로	301
절	22.10 기계설계 안전율	302
절	22.11 진동계	303
절	22.12 유한요소 기본	304
절	22.13 열전달: 전도	305
절	22.14 대류와 복사	306
절	22.15 질량전달	307
절	22.16 화학공학 물질수지	308
절	22.17 분리공정	309

구분	제목	쪽
절	22.18 공정제어	310
절	22.19 토목 구조해석	311
절	22.20 토질역학	312
절	22.21 수문학	313
절	22.22 항공우주 기본	314
절	22.23 로켓 방정식	315
절	22.24 로봇 운동학	316
절	22.25 로봇 동역학	317
절	22.26 신뢰성공학	318
절	22.27 품질공학	319
절	22.28 제조공정	320
절	22.29 반도체 공정	321
Part	VII. 빠른 검색용 공식 카드 아틀라스	322
장	23 미적분 공식 카드	323
절	23.1 도함수와 적분 카드 1: x^n	324
절	23.2 도함수와 적분 카드 2: e^{ax}	325
절	23.3 도함수와 적분 카드 3: a^x	326
절	23.4 도함수와 적분 카드 4: $\ln x$	327
절	23.5 도함수와 적분 카드 5: $\sin ax$	328
절	23.6 도함수와 적분 카드 6: $\cos ax$	329
절	23.7 도함수와 적분 카드 7: $\tan x$	330
절	23.8 도함수와 적분 카드 8: $\arcsin x$	331
절	23.9 도함수와 적분 카드 9: $\arctan x$	332
절	23.10 도함수와 적분 카드 10: $\sinh x$	333
절	23.11 도함수와 적분 카드 11: $\cosh x$	334
절	23.12 도함수와 적분 카드 12: $\operatorname{sech} x$	335
장	24 적분 공식 카드	336
절	24.1 표준 적분 카드 1	337
절	24.2 표준 적분 카드 2	338
절	24.3 표준 적분 카드 3	339
절	24.4 표준 적분 카드 4	340
절	24.5 표준 적분 카드 5	341
절	24.6 표준 적분 카드 6	342
절	24.7 표준 적분 카드 7	343
절	24.8 표준 적분 카드 8	344
절	24.9 표준 적분 카드 9	345
절	24.10 표준 적분 카드 10	346
절	24.11 표준 적분 카드 11	347
절	24.12 표준 적분 카드 12	348
장	25 Laplace 변환 카드	349
절	25.1 Laplace 카드 1: 1	350
절	25.2 Laplace 카드 2: t^n	351
절	25.3 Laplace 카드 3: e^{at}	352
절	25.4 Laplace 카드 4: $\sin \omega t$	353
절	25.5 Laplace 카드 5: $\cos \omega t$	354
절	25.6 Laplace 카드 6: $u(t-a)$	355
절	25.7 Laplace 카드 7: $\delta(t-a)$	356
절	25.8 Laplace 카드 8: $e^{at} \sin \omega t$	357
절	25.9 Laplace 카드 9: $e^{at} \cos \omega t$	358
절	25.10 Laplace 카드 10: $f'(t)$	359
절	25.11 Laplace 카드 11: $\int_0^t f(\tau) d\tau$	360
절	25.12 Laplace 카드 12: $f * g$	361
장	26 Fourier 변환 카드	362
절	26.1 Fourier 카드 1: $e^{-a t }$	363
절	26.2 Fourier 카드 2: e^{-at^2}	364
절	26.3 Fourier 카드 3: $\delta(t)$	365
절	26.4 Fourier 카드 4: 1	366
절	26.5 Fourier 카드 5: $\cos \omega_0 t$	367
절	26.6 Fourier 카드 6: $\sin \omega_0 t$	368
절	26.7 Fourier 카드 7: $\operatorname{rect}(t/T)$	369
절	26.8 Fourier 카드 8: $\operatorname{sinc}(Bt)$	370
절	26.9 Fourier 카드 9: $f'(t)$	371
절	26.10 Fourier 카드 10: $f * g$	372
장	27 확률분포 카드	373
절	27.1 분포 카드 1: Bernoulli	374

구분	제목	쪽
절	27.2 분포 카드 2: Binomial	375
절	27.3 분포 카드 3: Geometric	376
절	27.4 분포 카드 4: Poisson	377
절	27.5 분포 카드 5: Uniform	378
절	27.6 분포 카드 6: Exponential	379
절	27.7 분포 카드 7: Normal	380
절	27.8 분포 카드 8: Gamma	381
절	27.9 분포 카드 9: Beta	382
절	27.10 분포 카드 10: Chi-square	383
절	27.11 분포 카드 11: Student t	384
절	27.12 분포 카드 12: Multivariate normal	385
장	28 특수함수와 PDE 카드	386
절	28.1 특수함수/PDE 카드 1: Gamma	387
절	28.2 특수함수/PDE 카드 2: Bessel	388
절	28.3 특수함수/PDE 카드 3: Legendre	389
절	28.4 특수함수/PDE 카드 4: Hermite	390
절	28.5 특수함수/PDE 카드 5: Laguerre	391
절	28.6 특수함수/PDE 카드 6: Airy	392
절	28.7 특수함수/PDE 카드 7: Green 함수	393
절	28.8 특수함수/PDE 카드 8: Heat kernel	394
절	28.9 특수함수/PDE 카드 9: Wave modes	395
절	28.10 특수함수/PDE 카드 10: Poisson kernel	396
장	29 역학 모델 카드	397
절	29.1 역학 모델 카드 1: 포물선 운동	398
절	29.2 역학 모델 카드 2: 원운동	399
절	29.3 역학 모델 카드 3: 중심력	400
절	29.4 역학 모델 카드 4: 강체 관성모멘트	401
절	29.5 역학 모델 카드 5: Euler 방정식	402
절	29.6 역학 모델 카드 6: Hamilton-Jacobi	403
절	29.7 역학 모델 카드 7: Noether	404
절	29.8 역학 모델 카드 8: 연속체 응력	405
장	30 전자기 모델 카드	406
절	30.1 전자기 모델 카드 1: 정전기 경계조건	407
절	30.2 전자기 모델 카드 2: 자기 경계조건	408
절	30.3 전자기 모델 카드 3: Poynting 정리	409
절	30.4 전자기 모델 카드 4: 전송선파	410
절	30.5 전자기 모델 카드 5: 안테나	411
절	30.6 전자기 모델 카드 6: 도파관	412
절	30.7 전자기 모델 카드 7: 광학 간섭	413
절	30.8 전자기 모델 카드 8: Gaussian beam	414
장	31 양자 모델 카드	415
절	31.1 양자 모델 카드 1: 무한우물	416
절	31.2 양자 모델 카드 2: 조화진동자 ladder	417
절	31.3 양자 모델 카드 3: 스핀 1/2	418
절	31.4 양자 모델 카드 4: 터널링 WKB	419
절	31.5 양자 모델 카드 5: 섭동론	420
절	31.6 양자 모델 카드 6: 산란	421
절	31.7 양자 모델 카드 7: 밀도행렬	422
절	31.8 양자 모델 카드 8: 경로적분	423
장	32 화학 모델 카드	424
절	32.1 화학 모델 카드 1: pH 완충용액	425
절	32.2 화학 모델 카드 2: 전기화학	426
절	32.3 화학 모델 카드 3: 기체 혼합물	427
절	32.4 화학 모델 카드 4: 상평형	428
절	32.5 화학 모델 카드 5: 흡착	429
절	32.6 화학 모델 카드 6: 분광학	430
절	32.7 화학 모델 카드 7: 고분자	431
절	32.8 화학 모델 카드 8: 결정과 Bragg	432
장	33 공학 설계 카드	433
절	33.1 공학 설계 카드 1: Buckling check	434
절	33.2 공학 설계 카드 2: Heat exchanger	435
절	33.3 공학 설계 카드 3: Pump and pipe	436
절	33.4 공학 설계 카드 4: Battery	437
절	33.5 공학 설계 카드 5: Motor	438
절	33.6 공학 설계 카드 6: Power system	439

구분	제목	쪽
절	33.7 공학 설계 카드 7: Semiconductor carrier	440
절	33.8 공학 설계 카드 8: Control discretization	441
절	33.9 공학 설계 카드 9: Network queue	442
절	33.10 공학 설계 카드 10: Optimization KKT	443
장	34 연구자용 반복 구조 공식 카드	444
절	34.1 반복 구조 카드 001: 선형화	445
절	34.2 반복 구조 카드 002: 무차원화	446
절	34.3 반복 구조 카드 003: 보존식	447
절	34.4 반복 구조 카드 004: 고유값	448
절	34.5 반복 구조 카드 005: 최소제곱	449
절	34.6 반복 구조 카드 006: Bayes	450
절	34.7 반복 구조 카드 007: 분산전파	451
절	34.8 반복 구조 카드 008: 스케일 법칙	452
절	34.9 반복 구조 카드 009: 안정성	453
절	34.10 반복 구조 카드 010: 에너지 방법	454
절	34.11 반복 구조 카드 011: 경계값 문제	455
절	34.12 반복 구조 카드 012: 유한차분	456
절	34.13 반복 구조 카드 013: 선형화	457
절	34.14 반복 구조 카드 014: 무차원화	458
절	34.15 반복 구조 카드 015: 보존식	459
절	34.16 반복 구조 카드 016: 고유값	460
절	34.17 반복 구조 카드 017: 최소제곱	461
절	34.18 반복 구조 카드 018: Bayes	462
절	34.19 반복 구조 카드 019: 분산전파	463
절	34.20 반복 구조 카드 020: 스케일 법칙	464
절	34.21 반복 구조 카드 021: 안정성	465
절	34.22 반복 구조 카드 022: 에너지 방법	466
절	34.23 반복 구조 카드 023: 경계값 문제	467
절	34.24 반복 구조 카드 024: 유한차분	468
절	34.25 반복 구조 카드 025: 선형화	469
절	34.26 반복 구조 카드 026: 무차원화	470
절	34.27 반복 구조 카드 027: 보존식	471
절	34.28 반복 구조 카드 028: 고유값	472
절	34.29 반복 구조 카드 029: 최소제곱	473
절	34.30 반복 구조 카드 030: Bayes	474
절	34.31 반복 구조 카드 031: 분산전파	475
절	34.32 반복 구조 카드 032: 스케일 법칙	476
절	34.33 반복 구조 카드 033: 안정성	477
절	34.34 반복 구조 카드 034: 에너지 방법	478
절	34.35 반복 구조 카드 035: 경계값 문제	479
절	34.36 반복 구조 카드 036: 유한차분	480
절	34.37 반복 구조 카드 037: 선형화	481
절	34.38 반복 구조 카드 038: 무차원화	482
절	34.39 반복 구조 카드 039: 보존식	483
절	34.40 반복 구조 카드 040: 고유값	484
절	34.41 반복 구조 카드 041: 최소제곱	485
절	34.42 반복 구조 카드 042: Bayes	486
절	34.43 반복 구조 카드 043: 분산전파	487
절	34.44 반복 구조 카드 044: 스케일 법칙	488
절	34.45 반복 구조 카드 045: 안정성	489
절	34.46 반복 구조 카드 046: 에너지 방법	490
절	34.47 반복 구조 카드 047: 경계값 문제	491
절	34.48 반복 구조 카드 048: 유한차분	492
절	34.49 반복 구조 카드 049: 선형화	493
절	34.50 반복 구조 카드 050: 무차원화	494
절	34.51 반복 구조 카드 051: 보존식	495
절	34.52 반복 구조 카드 052: 고유값	496
절	34.53 반복 구조 카드 053: 최소제곱	497
절	34.54 반복 구조 카드 054: Bayes	498
절	34.55 반복 구조 카드 055: 분산전파	499
절	34.56 반복 구조 카드 056: 스케일 법칙	500
절	34.57 반복 구조 카드 057: 안정성	501
절	34.58 반복 구조 카드 058: 에너지 방법	502
절	34.59 반복 구조 카드 059: 경계값 문제	503
절	34.60 반복 구조 카드 060: 유한차분	504

구분	제목	쪽
절	34.61 반복 구조 카드 061: 선형화	505
절	34.62 반복 구조 카드 062: 무차원화	506
절	34.63 반복 구조 카드 063: 보존식	507
절	34.64 반복 구조 카드 064: 고유값	508
절	34.65 반복 구조 카드 065: 최소제곱	509
절	34.66 반복 구조 카드 066: Bayes	510
절	34.67 반복 구조 카드 067: 분산전파	511
절	34.68 반복 구조 카드 068: 스케일 법칙	512
절	34.69 반복 구조 카드 069: 안정성	513
절	34.70 반복 구조 카드 070: 에너지 방법	514
절	34.71 반복 구조 카드 071: 경계값 문제	515
절	34.72 반복 구조 카드 072: 유한차분	516
절	34.73 반복 구조 카드 073: 선형화	517
절	34.74 반복 구조 카드 074: 무차원화	518
절	34.75 반복 구조 카드 075: 보존식	519
절	34.76 반복 구조 카드 076: 고유값	520
절	34.77 반복 구조 카드 077: 최소제곱	521
절	34.78 반복 구조 카드 078: Bayes	522
절	34.79 반복 구조 카드 079: 분산전파	523
절	34.80 반복 구조 카드 080: 스케일 법칙	524
절	34.81 반복 구조 카드 081: 안정성	525
절	34.82 반복 구조 카드 082: 에너지 방법	526
절	34.83 반복 구조 카드 083: 경계값 문제	527
절	34.84 반복 구조 카드 084: 유한차분	528
절	34.85 반복 구조 카드 085: 선형화	529
절	34.86 반복 구조 카드 086: 무차원화	530
절	34.87 반복 구조 카드 087: 보존식	531
절	34.88 반복 구조 카드 088: 고유값	532
절	34.89 반복 구조 카드 089: 최소제곱	533
절	34.90 반복 구조 카드 090: Bayes	534
절	34.91 반복 구조 카드 091: 분산전파	535
절	34.92 반복 구조 카드 092: 스케일 법칙	536
절	34.93 반복 구조 카드 093: 안정성	537
절	34.94 반복 구조 카드 094: 에너지 방법	538
절	34.95 반복 구조 카드 095: 경계값 문제	539
절	34.96 반복 구조 카드 096: 유한차분	540
절	34.97 반복 구조 카드 097: 선형화	541
절	34.98 반복 구조 카드 098: 무차원화	542
절	34.99 반복 구조 카드 099: 보존식	543
절	34.100 반복 구조 카드 100: 고유값	544
절	34.101 반복 구조 카드 101: 최소제곱	545
절	34.102 반복 구조 카드 102: Bayes	546
절	34.103 반복 구조 카드 103: 분산전파	547
절	34.104 반복 구조 카드 104: 스케일 법칙	548
절	34.105 반복 구조 카드 105: 안정성	549
절	34.106 반복 구조 카드 106: 에너지 방법	550
절	34.107 반복 구조 카드 107: 경계값 문제	551
절	34.108 반복 구조 카드 108: 유한차분	552
절	34.109 반복 구조 카드 109: 선형화	553
절	34.110 반복 구조 카드 110: 무차원화	554
절	34.111 반복 구조 카드 111: 보존식	555
절	34.112 반복 구조 카드 112: 고유값	556
절	34.113 반복 구조 카드 113: 최소제곱	557
절	34.114 반복 구조 카드 114: Bayes	558
절	34.115 반복 구조 카드 115: 분산전파	559
절	34.116 반복 구조 카드 116: 스케일 법칙	560
절	34.117 반복 구조 카드 117: 안정성	561
절	34.118 반복 구조 카드 118: 에너지 방법	562
절	34.119 반복 구조 카드 119: 경계값 문제	563
절	34.120 반복 구조 카드 120: 유한차분	564
절	34.121 반복 구조 카드 121: 선형화	565
절	34.122 반복 구조 카드 122: 무차원화	566
절	34.123 반복 구조 카드 123: 보존식	567
절	34.124 반복 구조 카드 124: 고유값	568
절	34.125 반복 구조 카드 125: 최소제곱	569

구분	제목	쪽
절	34.126 반복 구조 카드 126: Bayes	570
절	34.127 반복 구조 카드 127: 분산전파	571
기타	참고자료와 더 공부할 자료	572
기타	마지막 미니 점검	573

추가 카드 색인

아래 색인은 뒤쪽에 붙인 비중복 보강 카드의 목록이다.

번호	난이도	분야/절	제목
F-008	초등	수학 / 기초산술	분수의나눗셈
F-011	초등	수학 / 기초산술	평균
F-012	초등	수학 / 기초산술	가중평균
F-014	초등	수학 / 기초산술	제곱근
F-019	초등	수학 / 기초산술	지수의분수표현
F-020	초등	수학 / 기초산술	로그의정의
F-024	초등	수학 / 기초산술	밑변환공식
F-026	초등	수학 / 기초산술	등차수열합
F-029	초등	수학 / 기초산술	무한등비급수
F-030	초등	수학 / 기초산술	상대오차
F-031	초등	수학 / 기초산술	유효숫자근사
F-032	초등	수학 / 기초산술	차원일관성
F-037	중등	수학 / 대수와함수	이차식완전제곱
F-043	중등	수학 / 대수와함수	중점공식
F-044	중등	수학 / 대수와함수	다항식나머지정리
F-048	중등	수학 / 대수와함수	합차공식
F-049	중등	수학 / 대수와함수	세제곱합
F-050	중등	수학 / 대수와함수	세제곱차
F-053	중등	수학 / 대수와함수	순열수
F-056	중등	수학 / 대수와함수	지수성장
F-058	중등	수학 / 대수와함수	로지스틱함수
F-059	중등	수학 / 대수와함수	복소수표준형
F-060	중등	수학 / 대수와함수	복소수극형식
F-062	중등	수학 / 대수와함수	드무아브르공식
F-064	중등	수학 / 대수와함수	AM-GM 부등식
F-067	중등	수학 / 대수와함수	절댓값부등식
F-068	중등	수학 / 대수와함수	부분분수기본형
F-070	고등	수학 / 기하와삼각법	삼각형넓이
F-071	고등	수학 / 기하와삼각법	헤론공식
F-073	고등	수학 / 기하와삼각법	코사인법칙
F-074	고등	수학 / 기하와삼각법	라디안과호의길이
F-075	고등	수학 / 기하와삼각법	부채꼴넓이
F-077	고등	수학 / 기하와삼각법	구겔넓이와부피
F-078	고등	수학 / 기하와삼각법	원기둥부피
F-079	고등	수학 / 기하와삼각법	원뿔부피
F-083	고등	수학 / 기하와삼각법	탄젠트향등식
F-086	고등	수학 / 기하와삼각법	이중각공식
F-087	고등	수학 / 기하와삼각법	반각공식
F-089	고등	수학 / 기하와삼각법	작은각근사
F-090	고등	수학 / 기하와삼각법	회전행렬 2 차원
F-091	고등	수학 / 기하와삼각법	벡터내적
F-092	고등	수학 / 기하와삼각법	벡터외적크기
F-096	고등	수학 / 기하와삼각법	포물선표준형
F-097	고등	수학 / 기하와삼각법	타원표준형
F-098	고등	수학 / 기하와삼각법	쌍곡선표준형
F-099	고등	수학 / 기하와삼각법	극좌표변환
F-100	고등	수학 / 기하와삼각법	원통좌표변환
F-101	고등	수학 / 기하와삼각법	구면좌표변환
F-102	고등	수학 / 기하와삼각법	3 차원거리
F-103	고등	수학 / 기하와삼각법	평면방정식

번호	난이도	분야/절	제목
F-104	고등	수학 / 기하와삼각법	직선의매개방정식
F-105	고등	수학 / 기하와삼각법	아핀변환
F-106	고등	수학 / 기하와삼각법	동차좌표변환
F-107	고등	수학 / 기하와삼각법	베지어곡선 2 차
F-112	고등	수학 / 일변수미적분	상수배미분
F-113	고등	수학 / 일변수미적분	합의미분
F-116	고등	수학 / 일변수미적분	연쇄법칙
F-117	고등	수학 / 일변수미적분	지수함수미분
F-119	고등	수학 / 일변수미적분	일반지수미분
F-120	고등	수학 / 일변수미적분	사인미분
F-121	고등	수학 / 일변수미적분	코사인미분
F-122	고등	수학 / 일변수미적분	탄젠트미분
F-123	고등	수학 / 일변수미적분	역삼각미분
F-124	고등	수학 / 일변수미적분	음함수미분
F-125	고등	수학 / 일변수미적분	로그미분
F-127	고등	수학 / 일변수미적분	전미분 1 변수
F-128	고등	수학 / 일변수미적분	평균값정리
F-129	고등	수학 / 일변수미적분	로피탈정리
F-130	고등	수학 / 일변수미적분	테일러전개
F-131	고등	수학 / 일변수미적분	맥클로린전개
F-135	고등	수학 / 일변수미적분	적분의리만합
F-137	고등	수학 / 일변수미적분	부정적분거듭제곱
F-138	고등	수학 / 일변수미적분	로그적분
F-139	고등	수학 / 일변수미적분	지수적분
F-140	고등	수학 / 일변수미적분	삼각함수적분
F-144	고등	수학 / 일변수미적분	곡선길이
F-145	고등	수학 / 일변수미적분	회전체부피원판법
F-147	고등	수학 / 일변수미적분	2 차도함수판정
F-148	고등	수학 / 일변수미적분	뉴턴근사테일러 1 차
F-152	대학	수학 / 다변수와벡터해석	전미분다변수
F-154	대학	수학 / 다변수와벡터해석	야코비안변수변환
F-157	대학	수학 / 다변수와벡터해석	라그랑주승수
F-162	대학	수학 / 다변수와벡터해석	발산
F-164	대학	수학 / 다변수와벡터해석	라플라시안
F-165	대학	수학 / 다변수와벡터해석	그린정리
F-166	대학	수학 / 다변수와벡터해석	스토크스정리
F-169	대학	수학 / 다변수와벡터해석	원통좌표부피요소
F-170	대학	수학 / 다변수와벡터해석	구면좌표부피요소
F-171	대학	수학 / 다변수와벡터해석	극좌표라플라시안
F-172	대학	수학 / 다변수와벡터해석	원통좌표발산
F-173	대학	수학 / 다변수와벡터해석	스칼라포텐셜
F-174	대학	수학 / 다변수와벡터해석	물질미분
F-176	대학	수학 / 다변수와벡터해석	프레네공식
F-177	대학	수학 / 다변수와벡터해석	델타함수선별성
F-178	대학	수학 / 다변수와벡터해석	헤비사이드함수
F-180	대학	수학 / 선형대수	전치행렬
F-182	대학	수학 / 선형대수	역행렬조건
F-183	대학	수학 / 선형대수	2 by 2 역행렬
F-184	대학	수학 / 선형대수	행렬식 2 by 2
F-187	대학	수학 / 선형대수	선형독립
F-188	대학	수학 / 선형대수	기저전개
F-191	대학	수학 / 선형대수	정사영
F-193	대학	수학 / 선형대수	그램-슈미트
F-198	대학	수학 / 선형대수	행렬지수
F-205	대학	수학 / 선형대수	트레이스
F-206	대학	수학 / 선형대수	이차형식
F-207	대학	수학 / 선형대수	양의정부호
F-209	대학	수학 / 선형대수	크로네커곱
F-212	대학	수학 / 선형대수	PCA 분산최대화
F-213	대학	수학 / 선형대수	텐서수축
F-214	대학	수학 / 선형대수	아인슈타인표기
F-215	대학	수학 / 미분방정식과변환	분리형미분방정식
F-218	대학	수학 / 미분방정식과변환	완전미분방정식
F-219	대학	수학 / 미분방정식과변환	베르누이방정식
F-220	대학	수학 / 미분방정식과변환	상수계수 2 차 ODE

번호	난이도	분야/절	제목
F-222	대학	수학 / 미분방정식과변환	중근해
F-224	대학	수학 / 미분방정식과변환	자연진동수
F-225	대학	수학 / 미분방정식과변환	감쇠비
F-226	대학	수학 / 미분방정식과변환	라플라스변환
F-228	대학	수학 / 미분방정식과변환	라플라스적분성질
F-229	대학	수학 / 미분방정식과변환	컨볼루션
F-231	대학	수학 / 미분방정식과변환	푸리에급수
F-232	대학	수학 / 미분방정식과변환	푸리에계수
F-233	대학	수학 / 미분방정식과변환	복소푸리에급수
F-234	대학	수학 / 미분방정식과변환	푸리에변환
F-235	대학	수학 / 미분방정식과변환	역푸리에변환
F-236	대학	수학 / 미분방정식과변환	푸리에미분성질
F-238	대학	수학 / 미분방정식과변환	파스칼정리
F-239	대학	수학 / 미분방정식과변환	라플라스와푸리에관계
F-241	대학	수학 / 미분방정식과변환	일측 Z 변환
F-250	대학	수학 / 미분방정식과변환	고유함수전개
F-251	대학	수학 / 미분방정식과변환	코시적분정리
F-252	대학	수학 / 미분방정식과변환	코시적분공식
F-255	대학	수학 / 미분방정식과변환	유수정리
F-256	대학	수학 / 미분방정식과변환	푸리에-라플라스스펙트럼
F-262	대학	수학 / 확률통계정보	전체확률법칙
F-263	대학	수학 / 확률통계정보	베이즈정리
F-266	대학	수학 / 확률통계정보	분산
F-270	대학	수학 / 확률통계정보	베르누이분포
F-276	대학	수학 / 확률통계정보	지수분포
F-278	대학	수학 / 확률통계정보	카이제곱분포
F-280	대학	수학 / 확률통계정보	큰수의법칙
F-281	대학	수학 / 확률통계정보	마르코프부등식
F-282	대학	수학 / 확률통계정보	체비쇼프부등식
F-283	대학	수학 / 확률통계정보	최대우도추정
F-285	대학	수학 / 확률통계정보	불편추정량
F-287	대학	수학 / 확률통계정보	신뢰구간평균
F-288	대학	수학 / 확률통계정보	t 통계량
F-289	대학	수학 / 확률통계정보	카이제곱검정량
F-291	대학	수학 / 확률통계정보	최소제곱기울기
F-292	대학	수학 / 확률통계정보	로지스틱회귀
F-294	대학	수학 / 확률통계정보	상호정보량
F-297	대학	수학 / 확률통계정보	피서정보량
F-301	대학	수학 / 수치해석최적화이산수학	뉴턴법근찾기
F-303	대학	수학 / 수치해석최적화이산수학	할선법
F-304	대학	수학 / 수치해석최적화이산수학	고정점반복
F-305	대학	수학 / 수치해석최적화이산수학	사다리꼴공식
F-306	대학	수학 / 수치해석최적화이산수학	심프슨공식
F-310	대학	수학 / 수치해석최적화이산수학	라그랑주보간
F-311	대학	수학 / 수치해석최적화이산수학	뉴턴보간
F-313	대학	수학 / 수치해석최적화이산수학	경사하강법
F-314	대학	수학 / 수치해석최적화이산수학	뉴턴최적화
F-318	대학	수학 / 수치해석최적화이산수학	동적계획벨만식
F-320	대학	수학 / 수치해석최적화이산수학	오일러경로조건
F-321	대학	수학 / 수치해석최적화이산수학	조합항등식
F-323	대학	수학 / 수치해석최적화이산수학	비둘기집원리
F-324	대학	수학 / 수치해석최적화이산수학	마스터정리기분형

번호	난이도	분야/절	제목
F-325	대학	수학 / 수치해석최적화이산수학	빅오
F-326	대학	수학 / 수치해석최적화이산수학	해시충돌생일근사
F-327	대학	수학 / 수치해석최적화이산수학	부동소수점상대오차
F-329	고등	물리 / 고전역학	평균속도
F-331	고등	물리 / 고전역학	등가속도속도
F-335	고등	물리 / 고전역학	무게
F-338	고등	물리 / 고전역학	일
F-341	고등	물리 / 고전역학	중력위치에너지
F-342	고등	물리 / 고전역학	탄성위치에너지
F-343	고등	물리 / 고전역학	역학적에너지보존
F-344	고등	물리 / 고전역학	정지마찰한계
F-345	고등	물리 / 고전역학	운동마찰
F-349	고등	물리 / 고전역학	접선속도
F-351	고등	물리 / 고전역학	토크
F-352	고등	물리 / 고전역학	회전운동방정식
F-356	고등	물리 / 고전역학	굴림조건
F-358	고등	물리 / 고전역학	중력퍼텐셜에너지
F-359	고등	물리 / 고전역학	원궤도속도
F-360	고등	물리 / 고전역학	탈출속도
F-361	고등	물리 / 고전역학	케플러제 3 법칙
F-362	고등	물리 / 고전역학	질량중심
F-363	고등	물리 / 고전역학	탄성충돌 1 차원
F-365	고등	물리 / 고전역학	단진자소각근사
F-366	고등	물리 / 고전역학	스프링진동주기
F-367	고등	물리 / 고전역학	라그랑지언
F-368	고등	물리 / 고전역학	오일러-라그랑주방정식
F-369	고등	물리 / 고전역학	해밀토니언
F-372	대학	물리 / 진동과동유체	감쇠진동방정식
F-373	대학	물리 / 진동과동유체	과소감쇠해
F-375	대학	물리 / 진동과동유체	구동진동정상상태진폭
F-376	대학	물리 / 진동과동유체	품질계수
F-377	대학	물리 / 진동과동유체	파동방정식 1 차원
F-379	대학	물리 / 진동과동유체	파수
F-381	대학	물리 / 진동과동유체	파동속도
F-383	대학	물리 / 진동과동유체	음속이상기체
F-386	대학	물리 / 진동과동유체	도플러효과
F-387	대학	물리 / 진동과동유체	정상파조건
F-390	대학	물리 / 진동과동유체	연속방정식유체
F-391	대학	물리 / 진동과동유체	베르누이방정식
F-392	대학	물리 / 진동과동유체	부력
F-393	대학	물리 / 진동과동유체	점성응력
F-394	대학	물리 / 진동과동유체	레이놀즈수
F-395	대학	물리 / 진동과동유체	나비에-스토크스
F-396	대학	물리 / 진동과동유체	스토크스항력
F-397	대학	물리 / 진동과동유체	푸아죄유법칙
F-398	대학	물리 / 진동과동유체	표면장력압력차
F-399	대학	물리 / 진동과동유체	모세관상승
F-400	대학	물리 / 진동과동유체	마하수
F-401	대학	물리 / 진동과동유체	음향임피던스
F-402	대학	물리 / 열역학통계역학	이상기체상태방정식
F-407	대학	물리 / 열역학통계역학	엔트로피정의
F-408	대학	물리 / 열역학통계역학	클라우지우스부등식
F-409	대학	물리 / 열역학통계역학	카르노효율
F-410	대학	물리 / 열역학통계역학	열용량
F-411	대학	물리 / 열역학통계역학	정압정적열용량관계
F-412	대학	물리 / 열역학통계역학	단열과정이상기체
F-413	대학	물리 / 열역학통계역학	기체분자평균운동에너지
F-414	대학	물리 / 열역학통계역학	맥스웰-볼츠만분포
F-415	대학	물리 / 열역학통계역학	볼츠만인자
F-417	대학	물리 / 열역학통계역학	내부에너지와분배함수
F-422	대학	물리 / 열역학통계역학	클라우지우스-클라페이론
F-424	대학	물리 / 열역학통계역학	스테판-볼츠만법칙

번호	난이도	분야/절	제목
F-425	대학	물리 / 열역학통계역학	플랑크분포
F-426	대학	물리 / 열역학통계역학	비어변위법칙
F-427	대학	물리 / 열역학통계역학	보스-아인슈타인분포
F-428	대학	물리 / 열역학통계역학	페르미-디랙분포
F-430	대학	물리 / 열역학통계역학	열역학기본식
F-431	대학	물리 / 열역학통계역학	그랜드퍼텐셜
F-432	대학	물리 / 전자기학광학	쿨롱법칙
F-434	대학	물리 / 전자기학광학	점전하전기장
F-435	대학	물리 / 전자기학광학	전기플럭스
F-436	대학	물리 / 전자기학광학	가우스법칙
F-437	대학	물리 / 전자기학광학	전위와전기장
F-438	대학	물리 / 전자기학광학	전위에너지
F-439	대학	물리 / 전자기학광학	점전하전위
F-440	대학	물리 / 전자기학광학	커패시턴스
F-442	대학	물리 / 전자기학광학	커패시터에너지
F-443	대학	물리 / 전자기학광학	전기장에너지밀도
F-444	대학	물리 / 전자기학광학	전류
F-445	대학	물리 / 전자기학광학	전류밀도
F-448	대학	물리 / 전자기학광학	전력
F-449	대학	물리 / 전자기학광학	자기력로렌츠
F-450	대학	물리 / 전자기학광학	전류가받는자기력
F-452	대학	물리 / 전자기학광학	암페어법칙
F-453	대학	물리 / 전자기학광학	솔레노이드자기장
F-454	대학	물리 / 전자기학광학	자기플럭스
F-456	대학	물리 / 전자기학광학	렌츠법칙부호
F-457	대학	물리 / 전자기학광학	인덕턴스
F-458	대학	물리 / 전자기학광학	인덕터전압
F-459	대학	물리 / 전자기학광학	인덕터에너지
F-460	대학	물리 / 전자기학광학	자기장에너지밀도
F-461	대학	물리 / 전자기학광학	맥스웰방정식적분형
F-462	대학	물리 / 전자기학광학	맥스웰방정식미분형
F-463	대학	물리 / 전자기학광학	전자기파속도
F-464	대학	물리 / 전자기학광학	포인팅벡터
F-465	대학	물리 / 전자기학광학	전자기파임피던스
F-467	대학	물리 / 전자기학광학	경계조건전속밀도법선
F-468	대학	물리 / 전자기학광학	스넬법칙
F-469	대학	물리 / 전자기학광학	렌즈공식
F-470	대학	물리 / 전자기학광학	배율
F-471	대학	물리 / 전자기학광학	거울공식
F-472	대학	물리 / 전자기학광학	프레넬반사수직입사
F-474	대학	물리 / 전자기학광학	단일슬릿회절최소
F-476	대학	물리 / 전자기학광학	브루스터각
F-477	대학	물리 / 전자기학광학	말뤼스법칙
F-478	대학	물리 / 전자기학광학	레이리분해능
F-480	대학원	물리 / 현대물리양자고체	시간지연
F-481	대학원	물리 / 현대물리양자고체	길이수축
F-483	대학원	물리 / 현대물리양자고체	질량-에너지
F-485	대학원	물리 / 현대물리양자고체	로런츠변환
F-486	대학원	물리 / 현대물리양자고체	드브로이파장
F-489	대학원	물리 / 현대물리양자고체	슈뢰딩거방정식정상상태
F-493	대학원	물리 / 현대물리양자고체	확률밀도
F-495	대학원	물리 / 현대물리양자고체	기댓값양자
F-496	대학원	물리 / 현대물리양자고체	무한정사각우물에너지
F-499	대학원	물리 / 현대물리양자고체	각운동량크기
F-501	대학원	물리 / 현대물리양자고체	파울리배타원리
F-502	대학원	물리 / 현대물리양자고체	1 차섭동에너지
F-503	대학원	물리 / 현대물리양자고체	페르미항금률
F-504	대학원	물리 / 현대물리양자고체	터널링근사
F-505	대학원	물리 / 현대물리양자고체	블로흐정리
F-506	대학원	물리 / 현대물리양자고체	상태밀도 3 차원자유전자
F-507	대학원	물리 / 현대물리양자고체	드루드전도도
F-508	대학원	물리 / 현대물리양자고체	홀계수
F-509	대학원	물리 / 현대물리양자고체	페르미에너지 3D
F-510	대학원	물리 / 현대물리양자고체	브래그법칙
F-513	대학원	물리 / 현대물리양자고체	핵결합에너지

번호	난이도	분야/절	제목
F-514	대학원	물리 / 현대물리양자고체	BCS 에너지갭근사
F-515	대학원	물리 / 현대물리양자고체	디랙방정식
F-516	대학원	물리 / 현대물리양자고체	클라인-고든방정식
F-520	고등	화학 / 일반화학물리화학	몰랄농도
F-521	고등	화학 / 일반화학물리화학	희석식
F-522	고등	화학 / 일반화학물리화학	질량퍼센트
F-525	고등	화학 / 일반화학물리화학	분압법칙
F-530	고등	화학 / 일반화학물리화학	비표준깁스에너지
F-531	고등	화학 / 일반화학물리화학	pH
F-532	고등	화학 / 일반화학물리화학	pOH
F-533	고등	화학 / 일반화학물리화학	물의이온곱
F-535	고등	화학 / 일반화학물리화학	염기해리상수
F-540	고등	화학 / 일반화학물리화학	삼투압
F-541	고등	화학 / 일반화학물리화학	라울법칙
F-542	고등	화학 / 일반화학물리화학	헨리법칙
F-546	고등	화학 / 일반화학물리화학	0 차반응적분식
F-547	고등	화학 / 일반화학물리화학	1 차반응적분식
F-548	고등	화학 / 일반화학물리화학	2 차반응적분식
F-551	고등	화학 / 일반화학물리화학	아레니우스선형형
F-552	고등	화학 / 일반화학물리화학	아이링식
F-555	고등	화학 / 일반화학물리화학	패러데이전기분해
F-556	고등	화학 / 일반화학물리화학	쿨롱전위에너지
F-557	고등	화학 / 일반화학물리화학	보어반지름
F-558	고등	화학 / 일반화학물리화학	리드베리식
F-561	고등	화학 / 일반화학물리화학	분배계수
F-562	고등	화학 / 일반화학물리화학	크로마토그래피 Rf
F-563	고등	화학 / 일반화학물리화학	데바이-홀켈이온세기
F-566	고등	화학 / 일반화학물리화학	BET 식
F-568	대학	화학 / 분석유기무기재료	라인위버-버크
		화학	
F-569	대학	화학 / 분석유기무기재료	하멧식
		화학	
F-570	대학	화학 / 분석유기무기재료	SN1 속도식
		화학	
F-571	대학	화학 / 분석유기무기재료	SN2 속도식
		화학	
F-573	대학	화학 / 분석유기무기재료	고분자수평균분자량
		화학	
F-574	대학	화학 / 분석유기무기재료	고분자중량평균분자량
		화학	
F-576	대학	화학 / 분석유기무기재료	카라더스식
		화학	
F-577	대학	화학 / 분석유기무기재료	플로리-허긴스혼합자유에너지
		화학	
F-578	대학	화학 / 분석유기무기재료	아보가드로격자밀도
		화학	
F-579	대학	화학 / 분석유기무기재료	쇼트키결함농도
		화학	
F-580	대학	화학 / 분석유기무기재료	확산플럭스피크
		화학	
F-582	대학	화학 / 분석유기무기재료	부식전류와속도
		화학	
F-583	대학	화학 / 분석유기무기재료	타펠식
		화학	
F-586	대학	화학 / 분석유기무기재료	적외선진동수
		화학	
F-587	대학	화학 / 분석유기무기재료	결정장안정화에너지
		화학	
F-588	대학	화학 / 분석유기무기재료	깁스흡착식
		화학	
F-589	대학	화학 / 분석유기무기재료	푸리에변환적외선해상도
		화학	
F-590	대학	공학 / 회로전자반도체	키르히호프전류법칙
F-591	대학	공학 / 회로전자반도체	키르히호프전압법칙
F-592	대학	공학 / 회로전자반도체	전압분배

번호	난이도	분야/절	제목
F-593	대학	공학 / 회로전자반도체	전류분배
F-594	대학	공학 / 회로전자반도체	직렬저항
F-595	대학	공학 / 회로전자반도체	병렬저항
F-596	대학	공학 / 회로전자반도체	직렬커패시터
F-597	대학	공학 / 회로전자반도체	병렬커패시터
F-598	대학	공학 / 회로전자반도체	직렬인덕터
F-599	대학	공학 / 회로전자반도체	RC 시간상수
F-600	대학	공학 / 회로전자반도체	RC 충전
F-601	대학	공학 / 회로전자반도체	RC 방전
F-602	대학	공학 / 회로전자반도체	RL 시간상수
F-603	대학	공학 / 회로전자반도체	RL 전류상승
F-604	대학	공학 / 회로전자반도체	커패시터임피던스
F-607	대학	공학 / 회로전자반도체	RLC 공진주파수
F-608	대학	공학 / 회로전자반도체	RLC 품질계수직렬
F-610	대학	공학 / 회로전자반도체	역률
F-613	대학	공학 / 회로전자반도체	최대전력전달
F-614	대학	공학 / 회로전자반도체	이상연산증폭기반전이득
F-615	대학	공학 / 회로전자반도체	이상연산증폭기비반전이득
F-616	대학	공학 / 회로전자반도체	적분기
F-618	대학	공학 / 회로전자반도체	1 차저역통과차단주파수
F-619	대학	공학 / 회로전자반도체	1 차고역통과차단주파수
F-622	대학	공학 / 회로전자반도체	제너지준식
F-628	대학	공학 / 회로전자반도체	MOSFET 포화영역
F-630	대학	공학 / 회로전자반도체	채널길이변조
F-634	대학	공학 / 회로전자반도체	샷잡음전류
F-639	대학	공학 / 회로전자반도체	손실없는전송선
F-643	대학	공학 / 회로전자반도체	p-n 접합내장전압
F-644	대학	공학 / 회로전자반도체	공핍층폭
F-645	대학	공학 / 회로전자반도체	캐리어드리프트전류
F-646	대학	공학 / 회로전자반도체	확산전류
F-647	대학	공학 / 회로전자반도체	아인슈타인관계
F-648	대학	공학 / 회로전자반도체	연속방정식반도체
F-650	대학	공학 / 회로전자반도체	MOS 문턱전압근사
F-651	대학	공학 / 신호시스템제어통신	LTI 컨볼루션합성
F-652	대학	공학 / 신호시스템제어통신	이산컨볼루션
F-656	대학	공학 / 신호시스템제어통신	단위계단응답
F-657	대학	공학 / 신호시스템제어통신	샘플링정리
F-658	대학	공학 / 신호시스템제어통신	앨리어싱
F-659	대학	공학 / 신호시스템제어통신	디지털주파수
F-660	대학	공학 / 신호시스템제어통신	FIR 필터
F-661	대학	공학 / 신호시스템제어통신	IIR 필터
F-662	대학	공학 / 신호시스템제어통신	이동평균필터
F-665	대학	공학 / 신호시스템제어통신	1 차시스템전달함수
F-666	대학	공학 / 신호시스템제어통신	2 차표준형
F-668	대학	공학 / 신호시스템제어통신	오차전달함수
F-670	대학	공학 / 신호시스템제어통신	안정조건연속시간
F-671	대학	공학 / 신호시스템제어통신	안정조건이산시간
F-672	대학	공학 / 신호시스템제어통신	최종값정리
F-673	대학	공학 / 신호시스템제어통신	초기값정리
F-676	대학	공학 / 신호시스템제어통신	상태전이행렬
F-677	대학	공학 / 신호시스템제어통신	가제어성행렬
F-678	대학	공학 / 신호시스템제어통신	가관측성행렬
F-679	대학	공학 / 신호시스템제어통신	리카티방정식 LQR
F-680	대학	공학 / 신호시스템제어통신	LQR 이득
F-683	대학	공학 / 신호시스템제어통신	칼만예측
F-684	대학	공학 / 신호시스템제어통신	칼만이득
F-685	대학	공학 / 신호시스템제어통신	AM 변조
F-686	대학	공학 / 신호시스템제어통신	FM 순간주파수
F-687	대학	공학 / 신호시스템제어통신	위상변조
F-688	대학	공학 / 신호시스템제어통신	나이퀴스트 ISI 조건
F-690	대학	공학 / 신호시스템제어통신	에너지당비트 SNR
F-691	대학	공학 / 신호시스템제어통신	BPSK BER
F-692	대학	공학 / 신호시스템제어통신	QPSK 심볼
F-693	대학	공학 / 신호시스템제어통신	OFDM 부반송파직교성
F-694	대학	공학 / 신호시스템제어통신	링크버짓

번호	난이도	분야/절	제목
F-696	대학	공학 / 신호시스템제어통신	자유공간경로손실
F-697	대학	공학 / 신호시스템제어통신	레이더거리방정식
F-699	대학	공학 / 신호시스템제어통신	MIMO 용량
F-700	대학	공학 / 신호시스템제어통신	해밍거리
F-702	대학	공학 / 신호시스템제어통신	패리티체크
F-703	대학	공학 / 신호시스템제어통신	컨볼루션코드출력
F-704	대학	공학 / 신호시스템제어통신	크로스상관
F-705	대학	공학 / 신호시스템제어통신	자기상관
F-706	대학	공학 / 신호시스템제어통신	전력스펙트럼밀도
F-707	대학	공학 / 신호시스템제어통신	매치드필터
F-708	대학	공학 / 신호시스템제어통신	위너필터
F-709	대학	공학 / 기계토목열유체재료	공칭응력
F-710	대학	공학 / 기계토목열유체재료	공칭변형률
F-711	대학	공학 / 기계토목열유체재료	후크법칙
F-712	대학	공학 / 기계토목열유체재료	전단응력
F-713	대학	공학 / 기계토목열유체재료	전단변형률
F-714	대학	공학 / 기계토목열유체재료	포아송비
F-715	대학	공학 / 기계토목열유체재료	탄성계수관계
F-717	대학	공학 / 기계토목열유체재료	열변형률
F-720	대학	공학 / 기계토목열유체재료	보치집방정식
F-724	대학	공학 / 기계토목열유체재료	모어원중심
F-725	대학	공학 / 기계토목열유체재료	주응력
F-726	대학	공학 / 기계토목열유체재료	폰미제스응력
F-729	대학	공학 / 기계토목열유체재료	파괴인성조건
F-730	대학	공학 / 기계토목열유체재료	푸리에열전도
F-735	대학	공학 / 기계토목열유체재료	푸리에수
F-737	대학	공학 / 기계토목열유체재료	프란틀수
F-741	대학	공학 / 기계토목열유체재료	관마찰손실
F-742	대학	공학 / 기계토목열유체재료	무디마찰계수층류
F-743	대학	공학 / 기계토목열유체재료	펄프동력
F-744	대학	공학 / 기계토목열유체재료	제어체적질량보존
F-745	대학	공학 / 기계토목열유체재료	제어체적운동량
F-746	대학	공학 / 기계토목열유체재료	연속체변형률텐서
F-747	대학	공학 / 기계토목열유체재료	선형탄성일반화혹법칙
F-748	대학	공학 / 기계토목열유체재료	FEM 약형예
F-749	대학	공학 / 기계토목열유체재료	형상함수보간
F-751	대학	공학 / 기계토목열유체재료	질량행렬
F-753	대학	공학 / 기계토목열유체재료	할-페치관계
F-754	대학	공학 / 기계토목열유체재료	아레니우스크리프
F-756	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴퓨팅연구	에너지수지정상류
F-757	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴퓨팅연구	CSTR 설계식
F-758	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴퓨팅연구	PFR 설계식
F-759	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴퓨팅연구	배치반응기
F-761	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴퓨팅연구	1 차 PFR 전환율
F-762	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴퓨팅연구	질량전달플럭스
F-765	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴퓨팅연구	페클레수
F-766	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴퓨팅연구	다르시법칙
F-767	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴퓨팅연구	전지에너지
F-768	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴퓨팅연구	배터리 C-rate
F-769	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴퓨팅연구	태양전지충전율
F-770	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴퓨팅연구	태양전지효율
F-771	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴퓨팅연구	풍력출력

번호	난이도	분야/절	제목
F-772	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴 퓨팅연구	베즈한계
F-773	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴 퓨팅연구	로봇순기구학
F-774	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴 퓨팅연구	DH 변환
F-777	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴 퓨팅연구	역운동학뉴턴법
F-778	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴 퓨팅연구	SLAM 베이즈필터
F-779	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴 퓨팅연구	경로계획 A star
F-780	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴 퓨팅연구	라플라스근사
F-782	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴 퓨팅연구	정규방정식머신러닝
F-783	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴 퓨팅연구	릿지회귀
F-784	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴 퓨팅연구	로지스틱손실
F-785	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴 퓨팅연구	소프트맥스
F-786	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴 퓨팅연구	백프로퍼게이션체인룰
F-787	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴 퓨팅연구	몬테카를로평균
F-790	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴 퓨팅연구	스케일링법칙
F-791	대학원	공학 / 화공에너지로봇컴 퓨팅연구	불확도전파

비중복 보강 카드 부록 안내

읽는 법

이 다음 페이지부터는 STEM_formula_encyclopedia_ko 에서 선별한 추가 공식 카드이다. 기존 본문에서 큰 구조를 잡은 뒤, 이 부록을 세부 공식 카드로 사용한다. 특히 전자공학부 학습자는 회로·전자·반도체, 신호·제어·통신, 전자기학·광학 항목을 먼저 훑으면 좋다.

Part I

I. 수학 기초에서 고등수학까지

Chapter 1

초등 산술과 수감각

1.1 자연수와 사칙연산

난이도: 초등-중등
태그: arithmetic

카드: 1/530

$$\begin{aligned} a + b &= b + a, & ab &= ba \\ (a + b) + c &= a + (b + c) \\ a(b + c) &= ab + ac \\ a \cdot 0 &= 0, & a \cdot 1 &= a \\ a - b &= a + (-b), & a/b &= a \cdot b^{-1} \quad (b \neq 0) \end{aligned}$$

핵심 생각 연산 법칙은 이후 대수, 벡터공간, 회로 방정식의 기본 문법이다.

예시 예시: 회로의 KCL도 결국 여러 전류의 합이 0이라는 덧셈 구조다.

주의 0으로 나누기는 정의되지 않는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

1.2 약수, 배수, 소인수분해

난이도: 초등-중등
태그: number theory

카드: 2/530

$$n = \prod_i p_i^{\alpha_i}$$

$$\gcd(a, b) \operatorname{lcm}(a, b) = |ab|$$

$$a \mid b \iff b = ak \quad (k \in \mathbb{Z})$$

$$\gcd(a, b) = \gcd(b, a \bmod b)$$

$$\varphi(n) = n \prod_{p \mid n} \left(1 - \frac{1}{p}\right)$$

핵심 생각 정수의 구조는 암호, 코딩이론, 신호의 주기 분석에서 반복해서 등장한다.

예시 예시: 두 신호의 주기가 6초와 8초이면 공통 반복 주기는 최소공배수 24초다.

주의 소인수분해는 큰 수에서는 계산적으로 매우 어려울 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

1.3 분수와 유리수

난이도: 초등-중등
태그: fractions

카드: 3/530

$$\frac{a}{b} \pm \frac{c}{d} = \frac{ad \pm bc}{bd}$$

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{ac}{bd}$$

$$\frac{a}{b} \div \frac{c}{d} = \frac{ad}{bc}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{ka}{kb} \quad (k \neq 0)$$

$$\left| \frac{a}{b} \right| = \frac{|a|}{|b|}$$

핵심 생각 분수는 비율, 농도, 확률, 전달함수의 가장 기본적인 형태다.

예시 예시: 2개의 저항 병렬은 역수의 합으로 계산한다.

주의 분모가 0이 되지 않는 조건을 항상 먼저 적는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

1.4 비, 비례식, 스케일링

난이도: 초등-중등
태그: scaling

카드: 4/530

$$a : b = c : d \iff ad = bc$$

$$y = kx \quad \text{direct proportion}$$

$$y = \frac{k}{x} \quad \text{inverse proportion}$$

$$x \mapsto \lambda x \Rightarrow A \mapsto \lambda^2 A, \quad V \mapsto \lambda^3 V$$

$$\pi_1 = x_1^{a_1} \cdots x_n^{a_n} \quad \text{dimensionless group}$$

핵심 생각 스케일을 바꾸면 길이, 면적, 부피, 힘, 열전달이 서로 다르게 변한다.

예시 예시: 반도체 소자를 작게 만들면 면적 용량과 열밀도도 함께 바뀐다.

주의 비례 관계는 적용 범위를 벗어나면 쉽게 깨진다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

1.5 백분율, ppm, 로그 스케일

난이도: 중등-고등
태그: percent decibel

카드: 5/530

$$p\% = \frac{p}{100}$$

$$\text{ppm} = 10^{-6}, \quad \text{ppb} = 10^{-9}$$

$$G_{\text{dB}} = 10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1}$$

$$G_{\text{dB}} = 20 \log_{10} \frac{V_2}{V_1} \quad \text{same impedance}$$

$$x_{\text{final}} = x_0(1 + r)^n$$

핵심 생각 퍼센트와 dB는 공학 실험값, 이득, 감쇠, 오차를 빠르게 비교하는 언어다.

예시 예시: 전압 이득이 10배이면 20 dB다.

주의 전력비에는 10 log, 진폭비에는 조건부로 20 log를 쓴다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

1.6 단위 변환과 차원

난이도: 초등-대학
태그: units

카드: 6/530

$$[v] = LT^{-1}, \quad [a] = LT^{-2}, \quad [F] = MLT^{-2}$$

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg m s}^{-2}$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N m} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$$

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J s}^{-1}$$

$$\Pi = x_1^{a_1} \cdots x_n^{a_n}, \quad [\Pi] = 1$$

핵심 생각 차원 검사는 긴 유도에서 가장 빠른 오류 검출기다.

예시 예시: 에너지식의 모든 항이 J 단위인지 확인하면 부호보다 먼저 큰 오류를 잡는다.

주의 단위가 맞아도 물리적으로 맞는 식이라고 보장되지는 않는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

1.7 거듭제곱과 지수법칙

난이도: 중등-고등
태그: exponents

카드: 7/530

$$a^m a^n = a^{m+n}$$

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n} \quad (a \neq 0)$$

$$(a^m)^n = a^{mn}$$

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n}$$

$$a^{p/q} = \sqrt[q]{a^p} \quad (a > 0)$$

핵심 생각 지수법칙은 스케일 법칙, 복소수, 미분방정식 해의 뼈대다.

예시 예시: 방전 전압은 대개 지수함수로 감소한다.

주의 실수 범위에서 짝수근은 부호 조건을 조심한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

1.8 로그와 지수함수

난이도: 고등-대학
태그: logarithm

카드: 8/530

$$\log_a xy = \log_a x + \log_a y$$

$$\log_a x^r = r \log_a x$$

$$a^{\log_a x} = x \quad (x > 0)$$

$$e^{x+y} = e^x e^y$$

$$\frac{d}{dx} e^{kx} = k e^{kx}$$

핵심 생각 로그는 곱을 합으로 바꾸고, 지수함수는 선형 미분방정식의 자연스러운 해다.

예시 예시: pH, dB, 반감기, Arrhenius 식은 모두 로그 해석이 중요하다.

주의 로그의 진수는 양수여야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

1.9 근호와 무리수

난이도: 중등-고등
태그: radicals

카드: 9/530

$$\sqrt{ab} = \sqrt{a}\sqrt{b} \quad (a, b \geq 0)$$

$$\sqrt{a^2} = |a|$$

$$\frac{1}{\sqrt{a}} = \frac{\sqrt{a}}{a} \quad (a > 0)$$

$$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$$

$$a^2 - b^2 = (a - b)(a + b)$$

핵심 생각 근호는 기하, 표준편차, RMS 값, 양자역학 정규화에서 자주 등장한다.

예시 예시: 교류 전압의 실효값은 최대값을 $\text{sqrt}(2)$ 로 나눈다.

주의 $\text{sqrt}(a^2)$ 를 a 로 바로 줄이면 부호 오류가 날 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

1.10 절댓값과 거리

난이도: 중등-고등
태그: absolute value

카드: 10/530

$$\begin{aligned}|x| &= \sqrt{x^2} \\ |xy| &= |x||y| \\ |x+y| &\leq |x|+|y| \\ d(x,y) &= |x-y| \\ \|\mathbf{x}\|_2 &= \sqrt{x_1^2 + \cdots + x_n^2}\end{aligned}$$

핵심 생각 절댓값은 1차원 거리이고, 노름은 고차원 거리다.

예시 예시: 오차 벡터의 크기는 보통 2-노름으로 요약한다.

주의 거리 함수는 음수가 될 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

1.11 일차방정식과 선형모델

난이도: 중등-고등
태그: linear

카드: 11/530

$$ax + b = 0 \Rightarrow x = -\frac{b}{a} \quad (a \neq 0)$$

$$y = mx + b$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$\mathbf{Ax} = \mathbf{b}$$

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x$$

핵심 생각 선형성은 중첩이 가능하다는 뜻이며 회로, 제어, 데이터 모델의 출발점이다.

예시 예시: 저항의 I-V 곡선이 직선이면 기울기의 역수가 저항이다.

주의 선형 근사는 작은 영역에서만 유효할 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

1.12 이차방정식과 판별식

난이도: 중등-고등
태그: quadratic

카드: 12/530

$$ax^2 + bx + c = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$\Delta = b^2 - 4ac$$

$$x_1 + x_2 = -\frac{b}{a}, \quad x_1 x_2 = \frac{c}{a}$$

$$f(x) = a(x - h)^2 + k$$

핵심 생각 이차식은 포물선, 에너지 최소화, 작은 진동의 근사식으로 매우 자주 나온다.

예시 예시: 안정한 평형점 주변 퍼텐셜은 대개 이차식으로 근사된다.

주의 $a=0$ 이면 이차방정식이 아니라 일차방정식이다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

1.13 다항식과 인수정리

난이도: 중등-고등
태그: polynomial

카드: 13/530

$$\begin{aligned}
 p(x) &= a_n x^n + \cdots + a_1 x + a_0 \\
 p(r) = 0 &\iff (x - r) \mid p(x) \\
 (x + y)^n &= \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} x^{n-k} y^k \\
 \binom{n}{k} &= \frac{n!}{k!(n-k)!} \\
 p(x) &= a \prod_i (x - r_i)
 \end{aligned}$$

핵심 생각 다항식은 근 찾기, 보간, 전달함수의 분자와 분모에서 핵심이다.

예시 예시: 시스템의 극점은 특성다항식의 근이다.

주의 중근은 그래프와 안정성 해석에서 별도로 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

1.14 부등식의 기본

난이도: 중등-대학
태그: inequality

카드: 14/530

$$\begin{aligned}
 a < b &\Rightarrow a + c < b + c \\
 a < b, c > 0 &\Rightarrow ac < bc \\
 a < b, c < 0 &\Rightarrow ac > bc \\
 |x - a| < \epsilon &\iff a - \epsilon < x < a + \epsilon \\
 \frac{x - a}{x - b} > 0 &\Rightarrow \text{sign chart}
 \end{aligned}$$

핵심 생각 부등식은 안정 조건, 허용오차, 최적화의 제약조건을 표현한다.

예시 예시: 제어계 안정성에서는 모든 극점의 실수부가 0보다 작아야 한다.

주의 음수를 곱하면 부등호 방향이 바뀐다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 2

기하와 좌표

2.1 평면좌표와 거리

난이도: 중등-고등
태그: geometry

카드: 15/530

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

$$M = \left(\frac{x_1 + x_2}{2}, \frac{y_1 + y_2}{2} \right)$$

$$A_{\triangle} = \frac{1}{2} |x_1(y_2 - y_3) + x_2(y_3 - y_1) + x_3(y_1 - y_2)|$$

$$r^2 = (x - h)^2 + (y - k)^2$$

핵심 생각 좌표는 기하 문제를 대수 문제로 바꾼다.

예시 예시: 구조물 단면을 두 배 키우면 면적은 네 배, 일부 관성모멘트는 열여섯 배까지 변한다.

주의 단위 차원을 같이 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

2.2 직선의 방정식

난이도: 중등-고등
태그: geometry

카드: 16/530

$$\begin{aligned}y - y_1 &= m(x - x_1) \\Ax + By + C &= 0 \\d &= \frac{|Ax_0 + By_0 + C|}{\sqrt{A^2 + B^2}} \\m_1 m_2 &= -1 \quad \text{perpendicular}\end{aligned}$$

핵심 생각 기울기와 법선벡터는 같은 직선을 다른 언어로 말한다.

예시 예시: 구조물 단면을 두 배 키우면 면적은 네 배, 일부 관성모멘트는 열여섯 배까지 변한다.

주의 단위 차원을 같이 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

2.3 원과 접선

난이도: 중등-고등
태그: geometry

카드: 17/530

$$\begin{aligned}(x-a)^2 + (y-b)^2 &= R^2 \\ (x_1-a)(x-a) + (y_1-b)(y-b) &= R^2 \\ C &= 2\pi R \\ A &= \pi R^2\end{aligned}$$

핵심 생각 원은 거리 일정 조건의 궤적이다.

예시 예시: 구조물 단면을 두 배 키우면 면적은 네 배, 일부 관성모멘트는 열여섯 배까지 변한다.

주의 단위 차원을 같이 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

2.4 삼각형 공식

난이도: 중등-고등
태그: geometry

카드: 18/530

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$$

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} = 2R$$

$$K = \frac{1}{2}ab \sin C$$

$$K = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

핵심 생각 삼각법은 벡터, 파동, 교류 해석으로 이어진다.

예시 예시: 구조물 단면을 두 배 키우면 면적은 네 배, 일부 관성모멘트는 열여섯 배까지 변한다.

주의 단위 차원을 같이 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

2.5 기본 입체도형

난이도: 중등-고등
태그: geometry

카드: 19/530

$$V_{\text{prism}} = Ah$$

$$V_{\text{sphere}} = \frac{4}{3}\pi R^3$$

$$S_{\text{sphere}} = 4\pi R^2$$

$$V_{\text{cone}} = \frac{1}{3}\pi R^2 h$$

핵심 생각 부피와 면적은 질량, 열, 유량 계산의 기본 입력이다.

예시 예시: 구조물 단면을 두 배 키우면 면적은 네 배, 일부 관성모멘트는 열여섯 배까지 변한다.

주의 단위 차원을 같이 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

2.6 닮음과 스케일 법칙

난이도: 중등-고등
태그: geometry

카드: 20/530

$$L' = \lambda L$$

$$A' = \lambda^2 A$$

$$V' = \lambda^3 V$$

$$I' = \lambda^4 I \quad \text{area moment}$$

핵심 생각 크기를 바꾸면 물리량은 같은 비율로 변하지 않는다.

예시 예시: 구조물 단면을 두 배 키우면 면적은 네 배, 일부 관성모멘트는 열여섯 배까지 변한다.

주의 단위 차원을 같이 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 3

삼각함수와 복소수

3.1 삼각함수 정의

난이도: 고등-대학
태그: trigonometry complex

카드: 21/530

$$\begin{aligned}\sin \theta &= \frac{y}{r} \\ \cos \theta &= \frac{x}{r} \\ \tan \theta &= \frac{\sin \theta}{\cos \theta} \\ \sin^2 \theta + \cos^2 \theta &= 1\end{aligned}$$

핵심 생각 삼각함수는 원운동과 파동의 좌표 표현이다.

예시 예시: RLC 회로의 임피던스는 복소수로 크기와 위상을 동시에 표현한다.

주의 최종 실제 물리량은 실수부 또는 크기 조건으로 해석한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

3.2 삼각함수 덧셈정리

난이도: 고등-대학
태그: trigonometry complex

카드: 22/530

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$$

$$\tan(\alpha \pm \beta) = \frac{\tan \alpha \pm \tan \beta}{1 \mp \tan \alpha \tan \beta}$$

핵심 생각 위상차가 있는 신호의 합성에 바로 쓰인다.

예시 예시: RLC 회로의 임피던스는 복소수로 크기와 위상을 동시에 표현한다.

주의 최종 실제 물리량은 실수부 또는 크기 조건으로 해석한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

3.3 삼각함수 배각과 반각

난이도: 고등-대학
태그: trigonometry complex

카드: 23/530

$$\sin 2x = 2 \sin x \cos x$$

$$\cos 2x = \cos^2 x - \sin^2 x$$

$$\sin^2 x = \frac{1 - \cos 2x}{2}$$

$$\cos^2 x = \frac{1 + \cos 2x}{2}$$

핵심 생각 제곱 평균, RMS, Fourier 계산의 기본 항등식이다.

예시 예시: RLC 회로의 임피던스는 복소수로 크기와 위상을 동시에 표현한다.

주의 최종 실제 물리량은 실수부 또는 크기 조건으로 해석한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

3.4 복소수와 Euler 공식

난이도: 고등-대학
태그: trigonometry complex

카드: 24/530

$$\begin{aligned} z &= x + iy = re^{i\theta} \\ e^{i\theta} &= \cos \theta + i \sin \theta \\ z_1 z_2 &= r_1 r_2 e^{i(\theta_1 + \theta_2)} \\ z^n &= r^n e^{in\theta} \end{aligned}$$

핵심 생각 교류와 파동은 복소지수로 쓰면 미분이 곱셈이 된다.

예시 예시: RLC 회로의 임피던스는 복소수로 크기와 위상을 동시에 표현한다.

주의 최종 실제 물리량은 실수부 또는 크기 조건으로 해석한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

3.5 phasor와 위상

난이도: 고등-대학
태그: trigonometry complex

카드: 25/530

$$\begin{aligned}x(t) &= \operatorname{Re}\{X e^{i\omega t}\} \\ \frac{d}{dt}x(t) &\leftrightarrow i\omega X \\ \int x(t)dt &\leftrightarrow \frac{X}{i\omega} \\ |X|e^{i\phi} &= X\end{aligned}$$

핵심 생각 회로와 진동의 정상상태 해석을 대수 문제로 바꾼다.

예시 예시: RLC 회로의 임피던스는 복소수로 크기와 위상을 동시에 표현한다.

주의 최종 실제 물리량은 실수부 또는 크기 조건으로 해석한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 4

함수와 대수 구조

4.1 함수, 정의역, 치역

난이도: 고등-대학
태그: functions

카드: 26/530

$$\begin{aligned} f &: A \rightarrow B \\ \text{dom } f &= A \\ \text{range } f &= \{f(x) : x \in A\} \\ (g \circ f)(x) &= g(f(x)) \end{aligned}$$

핵심 생각 함수는 입력에서 출력으로 가는 규칙이며 공학 시스템의 추상화다.

예시 예시: 필터의 출력은 입력 신호에 시스템 함수를 적용한 결과로 볼 수 있다.

주의 정의역 조건을 빠뜨리면 역함수와 로그에서 오류가 생긴다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

4.2 역함수

난이도: 고등-대학
태그: functions

카드: 27/530

$$f^{-1}(f(x)) = x$$

$$f(f^{-1}(y)) = y$$

$$(f^{-1})'(y) = \frac{1}{f'(x)} \quad (y = f(x))$$

$$f \text{ one-to-one} \Rightarrow f^{-1} \text{ exists}$$

핵심 생각 역함수는 보정, 센서 역문제, 좌표변환에서 등장한다.

예시 예시: 필터의 출력은 입력 신호에 시스템 함수를 적용한 결과로 볼 수 있다.

주의 정의역 조건을 빠뜨리면 역함수와 로그에서 오류가 생긴다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

4.3 합성함수와 체인룰의 예고

난이도: 고등-대학
태그: functions

카드: 28/530

$$h(x) = g(f(x))$$

$$\Delta h \approx g'(f(x))f'(x)\Delta x$$

$$\frac{dh}{dx} = \frac{dg}{df} \frac{df}{dx}$$

$$J_{g \circ f} = J_g(f(x))J_f(x)$$

핵심 생각 합성 구조는 딥러닝, 제어 블록, 좌표변환의 공통 언어다.

예시 예시: 필터의 출력은 입력 신호에 시스템 함수를 적용한 결과로 볼 수 있다.

주의 정의역 조건을 빠뜨리면 역함수와 로그에서 오류가 생긴다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

4.4 유리함수

난이도: 고등-대학
태그: functions

카드: 29/530

$$R(x) = \frac{p(x)}{q(x)}$$

$$q(x) \neq 0$$

$$R(x) = s(x) + \frac{r(x)}{q(x)}$$

$$\frac{A}{(x-a)} + \frac{B}{(x-b)} \text{ partial fractions}$$

핵심 생각 전달함수와 회로 임피던스는 유리함수로 나타나는 일이 많다.

예시 예시: 필터의 출력은 입력 신호에 시스템 함수를 적용한 결과로 볼 수 있다.

주의 정의역 조건을 빠뜨리면 역함수와 로그에서 오류가 생긴다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

4.5 초월함수

난이도: 고등-대학
태그: functions

카드: 30/530

$$e^x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!}$$

$$\sin x = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{x^{2n+1}}{(2n+1)!}$$

$$\cos x = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{x^{2n}}{(2n)!}$$

$$\ln(1+x) = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{x^n}{n}$$

핵심 생각 초월함수는 다항식으로 유한하게 표현되지 않지만 급수로 근사할 수 있다.

예시 예시: 필터의 출력은 입력 신호에 시스템 함수를 적용한 결과로 볼 수 있다.

주의 정의역 조건을 빠뜨리면 역함수와 로그에서 오류가 생긴다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

4.6 수열과 점화식

난이도: 고등-대학
태그: functions

카드: 31/530

$$a_n = a_1 + (n - 1)d$$

$$a_n = a_1 r^{n-1}$$

$$S_n = \frac{n(a_1 + a_n)}{2}$$

$$S_n = a_1 \frac{1 - r^n}{1 - r} \quad (r \neq 1)$$

핵심 생각 수열은 이산시간 신호, 알고리즘 반복, 수치해석 오차를 표현한다.

예시 예시: 필터의 출력은 입력 신호에 시스템 함수를 적용한 결과로 볼 수 있다.

주의 정의역 조건을 빠뜨리면 역함수와 로그에서 오류가 생긴다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

4.7 급수와 수렴

난이도: 고등-대학
태그: functions

카드: 32/530

$$\sum_{n=0}^{\infty} ar^n = \frac{a}{1-r} \quad (|r| < 1)$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^p} \text{ converges if } p > 1$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = 0 \text{ necessary}$$

$$R = \frac{1}{\limsup |a_n|^{1/n}}$$

핵심 생각 무한합은 근사와 정확한 해를 연결한다.

예시 예시: 필터의 출력은 입력 신호에 시스템 함수를 적용한 결과로 볼 수 있다.

주의 정의역 조건을 빠뜨리면 역함수와 로그에서 오류가 생긴다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Part II

II. 대학 수학 핵심 공식

Chapter 5

미적분학

5.1 극한의 기본

난이도: 고등-대학
태그: calculus

카드: 33/530

$$\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^x - 1}{x} = 1$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{x}{n}\right)^n = e^x$$

핵심 생각 극한은 미분, 적분, 연속, 수렴의 공통 기반이다.

예시 예시: 센서 출력의 작은 변화는 도함수와 입력 변화량의 곱으로 근사한다.

주의 근사식은 오차항과 적용 범위를 함께 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

5.2 연속성과 중간값 정리

난이도: 고등-대학
태그: calculus

카드: 34/530

$$\begin{aligned}\lim_{x \rightarrow a} f(x) &= f(a) \\ f([a, b]) &\supset [f(a), f(b)] \text{ up to order} \\ \text{continuous } f &\Rightarrow \max, \min \text{ on compact interval} \\ f(c) &= 0 \quad \text{if } f(a)f(b) < 0\end{aligned}$$

핵심 생각 연속성은 근 존재성과 최적값 존재성을 보장한다.

예시 예시: 센서 출력의 작은 변화는 도함수와 입력 변화량의 곱으로 근사한다.

주의 근사식은 오차항과 적용 범위를 함께 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

5.3 미분계수와 접선

난이도: 고등-대학
태그: calculus

카드: 35/530

$$f'(a) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(a+h) - f(a)}{h}$$

$$L(x) = f(a) + f'(a)(x - a)$$

$$dy = f'(x)dx$$

$$\Delta f \approx f'(a)\Delta x$$

핵심 생각 미분은 작은 변화에 대한 선형 근사다.

예시 예시: 센서 출력의 작은 변화는 도함수와 입력 변화량의 곱으로 근사한다.

주의 근사식은 오차항과 적용 범위를 함께 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

5.4 미분법칙

난이도: 고등-대학
태그: calculus

카드: 36/530

$$\begin{aligned}(fg)' &= f'g + fg' \\ \left(\frac{f}{g}\right)' &= \frac{f'g - fg'}{g^2} \\ (g \circ f)' &= (g' \circ f)f' \\ (f^{-1})'(y) &= \frac{1}{f'(x)}\end{aligned}$$

핵심 생각 복잡한 모델은 간단한 함수들의 조합으로 미분한다.

예시 예시: 센서 출력의 작은 변화는 도함수와 입력 변화량의 곱으로 근사한다.

주의 근사식은 오차항과 적용 범위를 함께 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

5.5 표준 도함수

난이도: 고등-대학
태그: calculus

카드: 37/530

$$\frac{d}{dx} x^n = nx^{n-1}$$

$$\frac{d}{dx} e^{ax} = ae^{ax}$$

$$\frac{d}{dx} \ln x = \frac{1}{x}$$

$$\frac{d}{dx} \sin ax = a \cos ax$$

$$\frac{d}{dx} \cos ax = -a \sin ax$$

핵심 생각 표준 도함수는 물리 방정식의 해를 빠르게 확인하는 표다.

예시 예시: 센서 출력의 작은 변화는 도함수와 입력 변화량의 곱으로 근사한다.

주의 근사식은 오차항과 적용 범위를 함께 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

5.6 고계도함수와 Taylor 전개

난이도: 고등-대학
태그: calculus

카드: 38/530

$$f(x) = \sum_{n=0}^N \frac{f^{(n)}(a)}{n!} (x-a)^n + R_N$$

$$R_N = \frac{f^{(N+1)}(\xi)}{(N+1)!} (x-a)^{N+1}$$

$$e^x \approx 1 + x + \frac{x^2}{2}$$

$$\sin x \approx x - \frac{x^3}{6}$$

핵심 생각 비선형 현상은 평형점 주변에서 Taylor 전개로 해석한다.

예시 예시: 센서 출력의 작은 변화는 도함수와 입력 변화량의 곱으로 근사한다.

주의 근사식은 오차항과 적용 범위를 함께 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

5.7 최적화의 1차원 조건

난이도: 고등-대학
태그: calculus

카드: 39/530

$$f'(x^*) = 0 \quad \text{interior optimum}$$

$$f''(x^*) > 0 \Rightarrow \text{local minimum}$$

$$f''(x^*) < 0 \Rightarrow \text{local maximum}$$

$$\kappa = \frac{|f''|}{(1 + f'^2)^{3/2}}$$

핵심 생각 기울기가 0인 지점과 경계점을 함께 확인해야 한다.

예시 예시: 센서 출력의 작은 변화는 도함수와 입력 변화량의 곱으로 근사한다.

주의 근사식은 오차항과 적용 범위를 함께 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

5.8 Riemann 적분

난이도: 고등-대학
태그: calculus

카드: 40/530

$$\begin{aligned}\int_a^b f(x)dx &= \lim_{\max \Delta x_i \rightarrow 0} \sum_i f(x_i^*) \Delta x_i \\ \int_a^b f'(x)dx &= f(b) - f(a) \\ \int_a^b cf(x)dx &= c \int_a^b f(x)dx \\ \int_a^b (f + g)dx &= \int_a^b fdx + \int_a^b gdx\end{aligned}$$

핵심 생각 적분은 누적량, 면적, 에너지, 질량을 계산하는 연산이다.

예시 예시: 센서 출력의 작은 변화는 도함수와 입력 변화량의 곱으로 근사한다.

주의 근사식은 오차항과 적용 범위를 함께 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

5.9 치환적분

난이도: 고등-대학
태그: calculus

카드: 41/530

$$\begin{aligned} u &= g(x) \\ \int f(g(x))g'(x)dx &= \int f(u)du \\ \int_a^b f(g(x))g'(x)dx &= \int_{g(a)}^{g(b)} f(u)du \\ dx &= \frac{du}{g'(x)} \end{aligned}$$

핵심 생각 변수 치환은 좌표계를 바꾸어 적분을 단순화한다.

예시 예시: 센서 출력의 작은 변화는 도함수와 입력 변화량의 곱으로 근사한다.

주의 근사식은 오차항과 적용 범위를 함께 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

5.10 부분적분

난이도: 고등-대학
태그: calculus

카드: 42/530

$$\begin{aligned}\int u \, dv &= uv - \int v \, du \\ \int_a^b uv' \, dx &= [uv]_a^b - \int_a^b u'v \, dx \\ \mathcal{L}\{f'\} &= sF(s) - f(0) \\ \int \ln x \, dx &= x \ln x - x + C\end{aligned}$$

핵심 생각 부분적분은 곱의 미분법을 거꾸로 쓰는 방법이다.

예시 예시: 센서 출력의 작은 변화는 도함수와 입력 변화량의 곱으로 근사한다.

주의 근사식은 오차항과 적용 범위를 함께 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

5.11 이상적분과 수렴

난이도: 고등-대학
태그: calculus

카드: 43/530

$$\begin{aligned}\int_a^\infty f(x)dx &= \lim_{b \rightarrow \infty} \int_a^b f(x)dx \\ \int_1^\infty x^{-p}dx &= \frac{1}{p-1} \quad (p > 1) \\ \int_0^1 x^{-p}dx &= \frac{1}{1-p} \quad (p < 1) \\ \int_{-\infty}^\infty e^{-x^2}dx &= \sqrt{\pi}\end{aligned}$$

핵심 생각 무한 구간과 특이점이 있는 적분은 수렴 조건을 먼저 확인한다.

예시 예시: 센서 출력의 작은 변화는 도함수와 입력 변화량의 곱으로 근사한다.

주의 근사식은 오차항과 적용 범위를 함께 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 6

다변수 미적분과 벡터해석

6.1 편미분과 gradient

난이도: 대학
태그: vector calculus

카드: 44/530

$$\frac{\partial f}{\partial x_i} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(\mathbf{x} + h\mathbf{e}_i) - f(\mathbf{x})}{h}$$

$$\nabla f = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1}, \dots, \frac{\partial f}{\partial x_n} \right)$$

$$D_{\mathbf{u}}f = \nabla f \cdot \mathbf{u}$$

$$df = \nabla f \cdot d\mathbf{x}$$

핵심 생각 gradient는 함수가 가장 빠르게 증가하는 방향이다.

예시 예시: 전자기학의 네 방정식은 div와 curl의 언어로 가장 간결하게 표현된다.

주의 방향과 법선 벡터의 부호가 결과 부호를 바꿀 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

6.2 Jacobian과 변수변환

난이도: 대학
태그: vector calculus

카드: 45/530

$$J_{ij} = \frac{\partial y_i}{\partial x_j}$$

$$d\mathbf{y} = J d\mathbf{x}$$

$$dV_y = |\det J| dV_x$$

$$\frac{\partial(x, y)}{\partial(r, \theta)} = r$$

핵심 생각 다변수 변수변환은 면적 및 부피 요소의 변화를 포함한다.

예시 예시: 전자기학의 네 방정식은 div와 curl의 언어로 가장 간결하게 표현된다.

주의 방향과 법선 벡터의 부호가 결과 부호를 바꿀 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

6.3 Hessian과 다변수 최적화

난이도: 대학
태그: vector calculus

카드: 46/530

$$H_{ij} = \frac{\partial^2 f}{\partial x_i \partial x_j}$$

$$\nabla f(\mathbf{x}^*) = 0$$

$$H \succ 0 \Rightarrow \text{local minimum}$$

$$f(\mathbf{x} + \mathbf{h}) \approx f(\mathbf{x}) + \nabla f^T \mathbf{h} + \frac{1}{2} \mathbf{h}^T H \mathbf{h}$$

핵심 생각 Hessian은 곡률과 2차 근사 안정성을 나타낸다.

예시 예시: 전자기학의 네 방정식은 div와 curl의 언어로 가장 간결하게 표현된다.

주의 방향과 법선 벡터의 부호가 결과 부호를 바꿀 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

6.4 선적분

난이도: 대학
태그: vector calculus

카드: 47/530

$$\begin{aligned}\int_C f \, ds &= \int_a^b f(\mathbf{r}(t)) \|\mathbf{r}'(t)\| dt \\ \int_C \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} &= \int_a^b \mathbf{F}(\mathbf{r}(t)) \cdot \mathbf{r}'(t) dt \\ \mathbf{F} = \nabla \phi &\Rightarrow \int_C \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = \phi(B) - \phi(A) \\ \oint_C \nabla \phi \cdot d\mathbf{r} &= 0\end{aligned}$$

핵심 생각 선적분은 경로를 따라 누적되는 일, 전압, 순환을 계산한다.

예시 예시: 전자기학의 네 방정식은 div와 curl의 언어로 가장 간결하게 표현된다.

주의 방향과 법선 벡터의 부호가 결과 부호를 바꿀 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

6.5 면적분과 flux

난이도: 대학
태그: vector calculus

카드: 48/530

$$\begin{aligned}\iint_S f \, dS &= \iint_D f(\mathbf{r}(u, v)) \|\mathbf{r}_u \times \mathbf{r}_v\| \, du \, dv \\ \iint_S \mathbf{F} \cdot \mathbf{n} \, dS &= \iint_D \mathbf{F}(\mathbf{r}) \cdot (\mathbf{r}_u \times \mathbf{r}_v) \, du \, dv \\ \Phi &= \iint_S \mathbf{F} \cdot d\mathbf{S} \\ d\mathbf{S} &= \mathbf{n} \, dS\end{aligned}$$

핵심 생각 flux는 표면을 통과하는 장의 양이다.

예시 예시: 전자기학의 네 방정식은 div와 curl의 언어로 가장 간결하게 표현된다.

주의 방향과 법선 벡터의 부호가 결과 부호를 바꿀 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

6.6 divergence와 curl

난이도: 대학
태그: vector calculus

카드: 49/530

$$\nabla \cdot \mathbf{F} = \partial_x F_x + \partial_y F_y + \partial_z F_z$$

$$\nabla \times \mathbf{F} = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ \partial_x & \partial_y & \partial_z \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix}$$

$$\nabla \cdot (\nabla \times \mathbf{F}) = 0$$

$$\nabla \times (\nabla f) = 0$$

핵심 생각 divergence는 소스, curl은 회전을 측정한다.

예시 예시: 전자기학의 네 방정식은 div와 curl의 언어로 가장 간결하게 표현된다.

주의 방향과 법선 벡터의 부호가 결과 부호를 바꿀 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

6.7 Green 정리

난이도: 대학
태그: vector calculus

카드: 50/530

$$\oint_{\partial D} Pdx + Qdy = \iint_D \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} \right) dA$$

$$\oint_C \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = \iint_D (\nabla \times \mathbf{F})_z dA$$

$$A = \frac{1}{2} \oint_C xdy - ydx$$

orientation = positive counterclockwise

핵심 생각 평면의 경계 적분과 내부 회전을 연결한다.

예시 예시: 전자기학의 네 방정식은 div와 curl의 언어로 가장 간결하게 표현된다.

주의 방향과 법선 벡터의 부호가 결과 부호를 바꿀 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

6.8 Gauss 발산정리

난이도: 대학
태그: vector calculus

카드: 51/530

$$\begin{aligned}\iiint_V \nabla \cdot \mathbf{F} dV &= \iint_{\partial V} \mathbf{F} \cdot \mathbf{n} dS \\ \nabla \cdot \mathbf{E} &= \rho/\epsilon_0 \\ \oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} &= Q_{\text{enc}}/\epsilon_0 \\ \frac{d}{dt} \int_V \rho dV &= - \oint_{\partial V} \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S}\end{aligned}$$

핵심 생각 부피 내부의 소스와 경계로 나가는 flux가 같다.

예시 예시: 전자기학의 네 방정식은 div와 curl의 언어로 가장 간결하게 표현된다.

주의 방향과 법선 벡터의 부호가 결과 부호를 바꿀 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

6.9 Stokes 정리

난이도: 대학
태그: vector calculus

카드: 52/530

$$\begin{aligned}\iint_S (\nabla \times \mathbf{F}) \cdot \mathbf{n} \, dS &= \oint_{\partial S} \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} \\ \oint_C \mathbf{A} \cdot d\mathbf{r} &= \iint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\partial_t \mathbf{B} \\ \oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{r} &= -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}\end{aligned}$$

핵심 생각 국소 회전과 경계 순환을 연결한다.

예시 예시: 전자기학의 네 방정식은 div와 curl의 언어로 가장 간결하게 표현된다.

주의 방향과 법선 벡터의 부호가 결과 부호를 바꿀 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

6.10 좌표계의 미소요소

난이도: 대학
태그: vector calculus

카드: 53/530

$$dV_{\text{cart}} = dx dy dz$$

$$dV_{\text{cyl}} = r dr d\phi dz$$

$$dV_{\text{sph}} = r^2 \sin \theta dr d\theta d\phi$$

$$\nabla^2 f_{\text{sph}} = \frac{1}{r^2} \partial_r (r^2 \partial_r f) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \partial_\theta (\sin \theta \partial_\theta f) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \partial_\phi^2 f$$

핵심 생각 대칭에 맞는 좌표계를 고르면 PDE와 적분이 크게 단순해진다.

예시 예시: 전자기학의 네 방정식은 div와 curl의 언어로 가장 간결하게 표현된다.

주의 방향과 법선 벡터의 부호가 결과 부호를 바꿀 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 7

선형대수

7.1 벡터공간

난이도: 대학-대학원
태그: linear algebra

카드: 54/530

$$\mathbf{u} + \mathbf{v} \in V$$

$$c\mathbf{v} \in V$$

$$\text{span}\{v_i\} = \left\{ \sum_i c_i v_i \right\}$$

$$\dim V = \text{basis vector count}$$

핵심 생각 벡터공간은 선형 결합이 닫혀 있는 대상들의 집합이다.

예시 예시: 회로의 결절전압법은 행렬 방정식 $A\mathbf{x}=\mathbf{b}$ 로 정리된다.

주의 행렬의 조건수가 크면 작은 오차가 크게 증폭될 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

7.2 내적과 노름

난이도: 대학-대학원
태그: linear algebra

카드: 55/530

$$\langle \mathbf{x}, \mathbf{y} \rangle = \mathbf{x}^T \mathbf{y}$$

$$\|\mathbf{x}\|_2 = \sqrt{\mathbf{x}^T \mathbf{x}}$$

$$|\langle x, y \rangle| \leq \|x\| \|y\|$$

$$\cos \theta = \frac{\mathbf{x}^T \mathbf{y}}{\|\mathbf{x}\| \|\mathbf{y}\|}$$

핵심 생각 내적은 길이와 각도를 정의한다.

예시 예시: 회로의 결절전압법은 행렬 방정식 $A\mathbf{x}=\mathbf{b}$ 로 정리된다.

주의 행렬의 조건수가 크면 작은 오차가 크게 증폭될 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

7.3 행렬 곱과 선형변환

난이도: 대학-대학원
태그: linear algebra

카드: 56/530

$$(AB)_{ij} = \sum_k A_{ik} B_{kj}$$

$$T(\alpha x + \beta y) = \alpha T(x) + \beta T(y)$$

$$y = Ax$$

$$A^{-1}A = I$$

핵심 생각 행렬은 선형변환을 좌표로 표현한 것이다.

예시 예시: 회로의 결절전압법은 행렬 방정식 $Ax=b$ 로 정리된다.

주의 행렬의 조건수가 크면 작은 오차가 크게 증폭될 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

7.4 행렬식

난이도: 대학-대학원
태그: linear algebra

카드: 57/530

$$\det(AB) = \det A \det B$$

$$\det A^{-1} = (\det A)^{-1}$$

$$\det A \neq 0 \iff A \text{ invertible}$$

$$dV' = |\det A| dV$$

핵심 생각 행렬식은 부피 스케일과 가역성을 나타낸다.

예시 예시: 회로의 결절전압법은 행렬 방정식 $Ax=b$ 로 정리된다.

주의 행렬의 조건수가 크면 작은 오차가 크게 증폭될 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

7.5 rank와 nullity

난이도: 대학-대학원
태그: linear algebra

카드: 58/530

$$\text{rank } A = \dim \text{col}(A)$$

$$\text{nullity } A = \dim \ker A$$

$$\text{rank } A + \text{nullity } A = n$$

$$Ax = 0 \Rightarrow x \in \ker A$$

핵심 생각 rank-nullity는 자유도와 제약 개수를 연결한다.

예시 예시: 회로의 결절전압법은 행렬 방정식 $Ax=b$ 로 정리된다.

주의 행렬의 조건수가 크면 작은 오차가 크게 증폭될 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

7.6 Gauss 소거와 LU

난이도: 대학-대학원
태그: linear algebra

카드: 59/530

$$\begin{aligned} PA &= LU \\ Ax = b &\Rightarrow LUx = Pb \\ Ly &= Pb, \quad Ux = y \\ \det A &= \det(P) \prod_i U_{ii} \end{aligned}$$

핵심 생각 소거법은 선형 시스템 해석의 기본 알고리즘이다.

예시 예시: 회로의 결절전압법은 행렬 방정식 $Ax=b$ 로 정리된다.

주의 행렬의 조건수가 크면 작은 오차가 크게 증폭될 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

7.7 고유값과 고유벡터

난이도: 대학-대학원
태그: linear algebra

카드: 60/530

$$\begin{aligned} Av &= \lambda v \\ \det(A - \lambda I) &= 0 \\ A &= V\Lambda V^{-1} \quad \text{if diagonalizable} \\ A^k &= V\Lambda^k V^{-1} \end{aligned}$$

핵심 생각 고유값은 선형 시스템의 자연 모드와 성장률이다.

예시 예시: 회로의 결절전압법은 행렬 방정식 $Ax=b$ 로 정리된다.

주의 행렬의 조건수가 크면 작은 오차가 크게 증폭될 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

7.8 대칭행렬과 직교대각화

난이도: 대학-대학원
태그: linear algebra

카드: 61/530

$$A = A^T \Rightarrow A = Q\Lambda Q^T$$

$$Q^T Q = I$$

$$x^T A x = \sum_i \lambda_i y_i^2$$

$$A \succ 0 \iff \lambda_i > 0$$

핵심 생각 대칭행렬은 안정성, 에너지, covariance의 핵심이다.

예시 예시: 회로의 결절전압법은 행렬 방정식 $Ax=b$ 로 정리된다.

주의 행렬의 조건수가 크면 작은 오차가 크게 증폭될 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

7.9 특이값분해

난이도: 대학-대학원
태그: linear algebra

카드: 62/530

$$\begin{aligned} A &= U\Sigma V^T \\ \sigma_i &= \sqrt{\lambda_i(A^T A)} \\ \|A\|_2 &= \sigma_{\max} \\ A^+ &= V\Sigma^+ U^T \end{aligned}$$

핵심 생각 SVD는 잡음, 차원축소, 최소제곱의 표준 도구다.

예시 예시: 회로의 결절전압법은 행렬 방정식 $Ax=b$ 로 정리된다.

주의 행렬의 조건수가 크면 작은 오차가 크게 증폭될 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

7.10 최소제곱

난이도: 대학-대학원
태그: linear algebra

카드: 63/530

$$\min_x \|Ax - b\|_2^2$$

$$A^T A \hat{x} = A^T b$$

$$\hat{x} = (A^T A)^{-1} A^T b \quad \text{full rank}$$

$$P = A(A^T A)^{-1} A^T$$

핵심 생각 과잉결정 데이터에서 가장 가까운 선형 해를 찾는다.

예시 예시: 회로의 절절전압법은 행렬 방정식 $Ax=b$ 로 정리된다.

주의 행렬의 조건수가 크면 작은 오차가 크게 증폭될 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

7.11 QR 분해

난이도: 대학-대학원
태그: linear algebra

카드: 64/530

$$\begin{aligned} A &= QR \\ Q^T Q &= I \\ R &\text{ upper triangular} \\ Ax \approx b &\Rightarrow Rx = Q^T b \end{aligned}$$

핵심 생각 QR은 수치적으로 안정적인 최소제곱 계산에 많이 쓰인다.

예시 예시: 회로의 결절전압법은 행렬 방정식 $Ax=b$ 로 정리된다.

주의 행렬의 조건수가 크면 작은 오차가 크게 증폭될 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

7.12 Jordan 형식

난이도: 대학-대학원
태그: linear algebra

카드: 65/530

$$\begin{aligned} A &= PJP^{-1} \\ J_k(\lambda) &= \lambda I + N \\ e^{Jt} &= e^{\lambda t} e^{Nt} \\ N^k &= 0 \end{aligned}$$

핵심 생각 Jordan 형식은 대각화가 안 되는 선형시스템의 일반 구조다.

예시 예시: 회로의 결절전압법은 행렬 방정식 $Ax=b$ 로 정리된다.

주의 행렬의 조건수가 크면 작은 오차가 크게 증폭될 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

7.13 Kronecker product와 vec

난이도: 대학-대학원
태그: linear algebra

카드: 66/530

$$\begin{aligned} A \otimes B &= [a_{ij} B] \\ \text{vec}(AXB) &= (B^T \otimes A) \text{vec}(X) \\ (A \otimes B)(C \otimes D) &= AC \otimes BD \\ \det(A \otimes B) &= (\det A)^m (\det B)^n \end{aligned}$$

핵심 생각 행렬 방정식과 다차원 선형 시스템을 벡터화한다.

예시 예시: 회로의 결절전압법은 행렬 방정식 $Ax=b$ 로 정리된다.

주의 행렬의 조건수가 크면 작은 오차가 크게 증폭될 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

7.14 행렬 미분

난이도: 대학-대학원
태그: linear algebra

카드: 67/530

$$\begin{aligned}d(x^T Ax) &= x^T (A + A^T) dx \\ \nabla_x \frac{1}{2} \|Ax - b\|^2 &= A^T (Ax - b) \\ d \log \det X &= \text{tr}(X^{-1} dX) \\ d \text{tr}(AX) &= \text{tr}(A^T dX)\end{aligned}$$

핵심 생각 최적화와 머신러닝의 계산은 행렬 미분으로 정리된다.

예시 예시: 회로의 결절전압법은 행렬 방정식 $Ax=b$ 로 정리된다.

주의 행렬의 조건수가 크면 작은 오차가 크게 증폭될 수 있다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 8

미분방정식과 변환

8.1 1계 선형 미분방정식

난이도: 대학-대학원
태그: ODE PDE transforms

카드: 68/530

$$\begin{aligned}y' + p(x)y &= q(x) \\ \mu(x) &= e^{\int p(x)dx} \\ (\mu y)' &= \mu q \\ y &= \mu^{-1} \left(\int \mu q dx + C \right)\end{aligned}$$

핵심 생각 적분인자법은 1계 선형 ODE의 표준 해법이다.

예시 예시: RC 회로, 열전달, 음파, 전자기파 모두 같은 미분방정식 구조로 분류할 수 있다.

주의 초기조건과 경계조건을 방정식만큼 중요하게 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

8.2 상수계수 선형 ODE

난이도: 대학-대학원
태그: ODE PDE transforms

카드: 69/530

$$\begin{aligned} a_n y^{(n)} + \cdots + a_0 y &= f(t) \\ p(r) &= a_n r^n + \cdots + a_0 \\ y_h &= \sum_i C_i e^{r_i t} \\ r = \alpha \pm i\beta &\Rightarrow e^{\alpha t} (C \cos \beta t + D \sin \beta t) \end{aligned}$$

핵심 생각 특성방정식의 근이 자연응답을 결정한다.

예시 예시: RC 회로, 열전달, 음파, 전자기파 모두 같은 미분방정식 구조로 분류할 수 있다.

주의 초기조건과 경계조건을 방정식만큼 중요하게 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

8.3 조화진동자

난이도: 대학-대학원
태그: ODE PDE transforms

카드: 70/530

$$\begin{aligned} m\ddot{x} + c\dot{x} + kx &= F(t) \\ \omega_n &= \sqrt{k/m} \\ \zeta &= \frac{c}{2\sqrt{mk}} \\ \omega_d &= \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} \end{aligned}$$

핵심 생각 스프링-질량-댐퍼는 회로, 구조, 제어의 원형 모델이다.

예시 예시: RC 회로, 열전달, 음파, 전자기파 모두 같은 미분방정식 구조로 분류할 수 있다.

주의 초기조건과 경계조건을 방정식만큼 중요하게 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

8.4 Laplace 변환

난이도: 대학-대학원
태그: ODE PDE transforms

카드: 71/530

$$F(s) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt$$

$$\mathcal{L}\{f'\} = sF(s) - f(0)$$

$$\mathcal{L}\{e^{at}\} = \frac{1}{s-a}$$

$$\mathcal{L}\{f * g\} = F(s)G(s)$$

핵심 생각 초기조건이 있는 선형시스템을 대수 문제로 바꾼다.

예시 예시: RC 회로, 열전달, 음파, 전자기파 모두 같은 미분방정식 구조로 분류할 수 있다.

주의 초기조건과 경계조건을 방정식만큼 중요하게 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

8.5 Fourier 급수

난이도: 대학-대학원
태그: ODE PDE transforms

카드: 72/530

$$f(x) \sim \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx)$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nx \, dx$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nx \, dx$$

$$c_n = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) e^{-inx} \, dx$$

핵심 생각 주기 신호는 주파수 성분의 합으로 분해된다.

예시 예시: RC 회로, 열전달, 음파, 전자기파 모두 같은 미분방정식 구조로 분류할 수 있다.

주의 초기조건과 경계조건을 방정식만큼 중요하게 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

8.6 Fourier 변환

난이도: 대학-대학원
태그: ODE PDE transforms

카드: 73/530

$$\hat{f}(k) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-ikx} dx$$

$$f(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \hat{f}(k) e^{ikx} dk$$

$$\widehat{f'}(k) = ik\hat{f}(k)$$

$$\widehat{f * g} = \hat{f}\hat{g}$$

핵심 생각 미분은 주파수 영역에서 곱셈이 된다.

예시 예시: RC 회로, 열전달, 음파, 전자기파 모두 같은 미분방정식 구조로 분류할 수 있다.

주의 초기조건과 경계조건을 방정식만큼 중요하게 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

8.7 Z 변환

난이도: 대학-대학원
태그: ODE PDE transforms

카드: 74/530

$$X(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]z^{-n}$$

$$x[n-1] \leftrightarrow z^{-1}X(z)$$

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)}$$

stability $\iff$ ROC includes unit circle

핵심 생각 이산시간 시스템과 디지털 필터의 기본 언어다.

예시 예시: RC 회로, 열전달, 음파, 전자기파 모두 같은 미분방정식 구조로 분류할 수 있다.

주의 초기조건과 경계조건을 방정식만큼 중요하게 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

8.8 PDE의 분류

난이도: 대학-대학원
태그: ODE PDE transforms

카드: 75/530

$$Au_{xx} + 2Bu_{xy} + Cu_{yy} + \dots = 0$$

$$B^2 - AC < 0 \text{ elliptic}$$

$$B^2 - AC = 0 \text{ parabolic}$$

$$B^2 - AC > 0 \text{ hyperbolic}$$

핵심 생각 PDE 유형은 경계조건과 해의 성질을 결정한다.

예시 예시: RC 회로, 열전달, 음파, 전자기파 모두 같은 미분방정식 구조로 분류할 수 있다.

주의 초기조건과 경계조건을 방정식만큼 중요하게 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

8.9 열방정식

난이도: 대학-대학원
태그: ODE PDE transforms

카드: 76/530

$$\begin{aligned}\partial_t u &= \alpha \nabla^2 u \\ u(x, t) &= \sum_n A_n e^{-\alpha k_n^2 t} \phi_n(x) \\ G(x, t) &= \frac{1}{(4\pi\alpha t)^{d/2}} e^{-|x|^2/(4\alpha t)} \\ q &= -k \nabla T\end{aligned}$$

핵심 생각 확산 현상은 고주파 성분이 빠르게 사라진다.

예시 예시: RC 회로, 열전달, 음파, 전자기파 모두 같은 미분방정식 구조로 분류할 수 있다.

주의 초기조건과 경계조건을 방정식만큼 중요하게 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

8.10 파동방정식

난이도: 대학-대학원
태그: ODE PDE transforms

카드: 77/530

$$\begin{aligned}\partial_t^2 u &= c^2 \nabla^2 u \\ u(x, t) &= f(x - ct) + g(x + ct) \quad \text{1D} \\ \omega &= ck \\ E &\propto \int (u_t^2 + c^2 |\nabla u|^2) dV\end{aligned}$$

핵심 생각 쌍곡형 PDE는 정보를 유한 속도로 전달한다.

예시 예시: RC 회로, 열전달, 음파, 전자기파 모두 같은 미분방정식 구조로 분류할 수 있다.

주의 초기조건과 경계조건을 방정식만큼 중요하게 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

8.11 Laplace와 Poisson 방정식

난이도: 대학-대학원
태그: ODE PDE transforms

카드: 78/530

$$\nabla^2 u = 0$$

$$\nabla^2 u = -\rho/\epsilon_0$$

$$u(\mathbf{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\rho(\mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} d^3 r'$$

$$\max_{\Omega} u = \max_{\partial\Omega} u \quad \text{harmonic}$$

핵심 생각 타원형 PDE는 경계조건이 전체 영역을 강하게 결정한다.

예시 예시: RC 회로, 열전달, 음파, 전자기파 모두 같은 미분방정식 구조로 분류할 수 있다.

주의 초기조건과 경계조건을 방정식만큼 중요하게 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

8.12 Green 함수

난이도: 대학-대학원
태그: ODE PDE transforms

카드: 79/530

$$LG(x, x') = \delta(x - x')$$

$$u(x) = \int G(x, x') f(x') dx'$$

$$\nabla^2 \frac{1}{4\pi r} = -\delta(\mathbf{r})$$

$$G_R(t) = 0 \quad (t < 0)$$

핵심 생각 Green 함수는 점 소스에 대한 응답이고 선형 시스템의 핵심 도구다.

예시 예시: RC 회로, 열전달, 음파, 전자기파 모두 같은 미분방정식 구조로 분류할 수 있다.

주의 초기조건과 경계조건을 방정식만큼 중요하게 본다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 9

확률과 통계

9.1 확률의 공리

난이도: 대학-대학원
태그: probability statistics

카드: 80/530

$$0 \leq P(A) \leq 1$$

$$P(\Omega) = 1$$

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$

$$P(A^c) = 1 - P(A)$$

핵심 생각 확률은 불확실성을 측정하는 수학적 언어다.

예시 예시: 실험 오차를 평균과 표준편차로 요약한 뒤 신뢰구간을 붙인다.

주의 독립성 가정이 깨지면 공식 적용 결과가 크게 달라진다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

9.2 조건부확률과 Bayes

난이도: 대학-대학원
태그: probability statistics

카드: 81/530

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

$$P(A \cap B) = P(A|B)P(B)$$

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

$$P(B) = \sum_i P(B|A_i)P(A_i)$$

핵심 생각 Bayes 공식은 관측으로 믿음을 갱신한다.

예시 예시: 실험 오차를 평균과 표준편차로 요약한 뒤 신뢰구간을 붙인다.

주의 독립성 가정이 깨지면 공식 적용 결과가 크게 달라진다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

9.3 기댓값과 분산

난이도: 대학-대학원
태그: probability statistics

카드: 82/530

$$\mathbb{E}[X] = \sum_x xP(X = x)$$

$$\mathbb{E}[X] = \int xf_X(x)dx$$

$$\text{Var}(X) = \mathbb{E}[X^2] - \mathbb{E}[X]^2$$

$$\text{Var}(aX + b) = a^2 \text{Var}(X)$$

핵심 생각 평균과 분산은 데이터와 잡음의 1차 요약이다.

예시 예시: 실험 오차를 평균과 표준편차로 요약한 뒤 신뢰구간을 붙인다.

주의 독립성 가정이 깨지면 공식 적용 결과가 크게 달라진다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

9.4 대표 분포

난이도: 대학-대학원
태그: probability statistics

카드: 83/530

$$X \sim \text{Bernoulli}(p) : P(X = 1) = p$$

$$X \sim \text{Bin}(n, p) : \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

$$X \sim \text{Poisson}(\lambda) : e^{-\lambda} \lambda^k / k!$$

$$X \sim N(\mu, \sigma^2) : \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(x-\mu)^2/(2\sigma^2)}$$

핵심 생각 분포는 실험과 잡음 모델을 선택하는 도구다.

예시 예시: 실험 오차를 평균과 표준편차로 요약한 뒤 신뢰구간을 붙인다.

주의 독립성 가정이 깨지면 공식 적용 결과가 크게 달라진다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

9.5 공분산과 상관

난이도: 대학-대학원
태그: probability statistics

카드: 84/530

$$\text{Cov}(X, Y) = \mathbb{E}[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)]$$

$$\rho_{XY} = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$$

$$\Sigma = \mathbb{E}[(X - \mu)(X - \mu)^T]$$

$$\text{Var}(a^T X) = a^T \Sigma a$$

핵심 생각 상관은 선형 관계의 방향과 강도를 나타낸다.

예시 예시: 실험 오차를 평균과 표준편차로 요약한 뒤 신뢰구간을 붙인다.

주의 독립성 가정이 깨지면 공식 적용 결과가 크게 달라진다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

9.6 중심극한정리

난이도: 대학-대학원
태그: probability statistics

카드: 85/530

$$\begin{aligned}\bar{X}_n &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \\ \sqrt{n} \frac{\bar{X}_n - \mu}{\sigma} &\Rightarrow N(0, 1) \\ \text{SE}(\bar{X}) &= \frac{s}{\sqrt{n}} \\ \bar{X} \pm z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} &\text{ confidence interval}\end{aligned}$$

핵심 생각 많은 독립 오차의 합은 정규분포에 가까워진다.

예시 예시: 실험 오차를 평균과 표준편차로 요약한 뒤 신뢰구간을 붙인다.

주의 독립성 가정이 깨지면 공식 적용 결과가 크게 달라진다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

9.7 최대가능도

난이도: 대학-대학원
태그: probability statistics

카드: 86/530

$$L(\theta) = \prod_i f(x_i|\theta)$$

$$\ell(\theta) = \sum_i \log f(x_i|\theta)$$

$$\hat{\theta}_{\text{MLE}} = \arg \max_{\theta} \ell(\theta)$$

$$I(\theta) = -\mathbb{E}[\partial_{\theta}^2 \ell(\theta)]$$

핵심 생각 가능도는 관측 데이터가 파라미터를 얼마나 지지하는지 나타낸다.

예시 예시: 실험 오차를 평균과 표준편차로 요약한 뒤 신뢰구간을 붙인다.

주의 독립성 가정이 깨지면 공식 적용 결과가 크게 달라진다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

9.8 가설검정

난이도: 대학-대학원
태그: probability statistics

카드: 87/530

$$z = \frac{\hat{\theta} - \theta_0}{\text{SE}(\hat{\theta})}$$

$$p\text{-value} = P(T \geq T_{\text{obs}} | H_0)$$

$$\alpha = P(\text{reject } H_0 | H_0)$$

$$\beta = P(\text{fail reject } H_0 | H_1)$$

핵심 생각 검정은 데이터가 영가설과 얼마나 양립 가능한지 묻는다.

예시 예시: 실험 오차를 평균과 표준편차로 요약한 뒤 신뢰구간을 붙인다.

주의 독립성 가정이 깨지면 공식 적용 결과가 크게 달라진다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

9.9 선형회귀

난이도: 대학-대학원
태그: probability statistics

카드: 88/530

$$\begin{aligned}y &= X\beta + \epsilon \\ \hat{\beta} &= (X^T X)^{-1} X^T y \\ \hat{y} &= X\hat{\beta} \\ R^2 &= 1 - \frac{\sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}\end{aligned}$$

핵심 생각 회귀는 설명변수와 응답변수 사이의 선형 관계를 추정한다.

예시 예시: 실험 오차를 평균과 표준편차로 요약한 뒤 신뢰구간을 붙인다.

주의 독립성 가정이 깨지면 공식 적용 결과가 크게 달라진다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

9.10 Markov chain

난이도: 대학-대학원
태그: probability statistics

카드: 89/530

$$\begin{aligned} P_{ij} &= P(X_{n+1} = j | X_n = i) \\ \pi_{n+1} &= \pi_n P \\ \pi &= \pi P \\ P^n &\rightarrow \mathbf{1}\pi \quad \text{ergodic case} \end{aligned}$$

핵심 생각 마르코프 사슬은 상태 전이가 현재 상태에만 의존하는 모델이다.

예시 예시: 실험 오차를 평균과 표준편차로 요약한 뒤 신뢰구간을 붙인다.

주의 독립성 가정이 깨지면 공식 적용 결과가 크게 달라진다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 10

최적화와 계산

10.1 무제약 최적화

난이도: 대학-대학원
태그: optimization

카드: 90/530

$$\begin{aligned} \min_x f(x) \\ \nabla f(x^*) &= 0 \\ \nabla^2 f(x^*) \succeq 0 &\text{ necessary} \\ x_{k+1} &= x_k - \alpha_k \nabla f(x_k) \end{aligned}$$

핵심 생각 최적화는 설계 변수에서 성능 함수를 가장 좋게 만드는 문제다.

예시 예시: 회로 소자값을 설계할 때 전력, 면적, 안정성 제약을 함께 최적화한다.

주의 목적함수의 스케일링이 수렴 속도에 영향을 준다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

10.2 Lagrange 승수

난이도: 대학-대학원
태그: optimization

카드: 91/530

$$\min f(x) \quad \text{s.t. } g_i(x) = 0$$

$$\mathcal{L}(x, \lambda) = f(x) + \sum_i \lambda_i g_i(x)$$

$$\nabla_x \mathcal{L} = 0$$

$$g_i(x) = 0$$

핵심 생각 제약조건의 민감도는 승수로 나타난다.

예시 예시: 회로 소자값을 설계할 때 전력, 면적, 안정성 제약을 함께 최적화한다.

주의 목적함수의 스케일링이 수렴 속도에 영향을 준다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

10.3 KKT 조건

난이도: 대학-대학원
태그: optimization

카드: 92/530

$$\min f(x) \text{ s.t. } g_i(x) \leq 0, h_j(x) = 0$$

$$\mathcal{L} = f + \sum_i \lambda_i g_i + \sum_j \nu_j h_j$$

$$\lambda_i \geq 0$$

$$\lambda_i g_i(x) = 0$$

핵심 생각 부등식 제약 최적화의 1차 조건이다.

예시 예시: 회로 소자값을 설계할 때 전력, 면적, 안정성 제약을 함께 최적화한다.

주의 목적함수의 스케일링이 수렴 속도에 영향을 준다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

10.4 볼록성

난이도: 대학-대학원
태그: optimization

카드: 93/530

$$f(\theta x + (1 - \theta)y) \leq \theta f(x) + (1 - \theta)f(y)$$

$$\nabla^2 f \succeq 0 \Rightarrow f \text{ convex}$$

$$f(y) \geq f(x) + \nabla f(x)^T (y - x)$$

$$\text{local optimum} = \text{global optimum} \quad \text{convex}$$

핵심 생각 볼록 문제는 지역 최적이 전역 최적인 매우 강한 구조를 갖는다.

예시 예시: 회로 소자값을 설계할 때 전력, 면적, 안정성 제약을 함께 최적화한다.

주의 목적함수의 스케일링이 수렴 속도에 영향을 준다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

10.5 Newton 방법

난이도: 대학-대학원
태그: optimization

카드: 94/530

$$x_{k+1} = x_k - [\nabla^2 f(x_k)]^{-1} \nabla f(x_k)$$

$$f(x+p) \approx f(x) + g^T p + \frac{1}{2} p^T H p$$

$$H p = -g$$

quadratic convergence near solution

핵심 생각 2차 근사를 풀어 빠르게 해에 접근한다.

예시 예시: 회로 소자값을 설계할 때 전력, 면적, 안정성 제약을 함께 최적화한다.

주의 목적함수의 스케일링이 수렴 속도에 영향을 준다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

10.6 동적계획법

난이도: 대학-대학원
태그: optimization

카드: 95/530

$$\begin{aligned} V_t(s) &= \min_a \{c(s, a) + V_{t+1}(f(s, a))\} \\ V^*(s) &= \min_a \{c(s, a) + \gamma \sum_{s'} P(s'|s, a) V^*(s')\} \\ Q^*(s, a) &= r + \gamma \max_{a'} Q^*(s', a') \\ \pi^*(s) &= \arg \min_a Q^*(s, a) \end{aligned}$$

핵심 생각 큰 순차 의사결정을 작은 Bellman 방정식으로 분해한다.

예시 예시: 회로 소자값을 설계할 때 전력, 면적, 안정성 제약을 함께 최적화한다.

주의 목적함수의 스케일링이 수렴 속도에 영향을 준다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 11

수치해석

11.1 오차와 조건수

난이도: 대학-대학원
태그: numerical methods

카드: 96/530

$$\text{absolute error} = |\hat{x} - x|$$

$$\text{relative error} = \frac{|\hat{x} - x|}{|x|}$$

$$\kappa(A) = \|A\|_{\text{orm}} A^{-1}$$

$$\frac{\|\delta x\|}{\|x\|} \lesssim \kappa(A) \frac{\|\delta b\|}{\|b\|}$$

핵심 생각 조건수는 입력 오차가 출력에 얼마나 증폭되는지 측정한다.

예시 예시: 열방정식 시뮬레이션에서는 공간격자와 시간간격이 안정조건을 만족해야 한다.

주의 수치해는 항상 수렴성, 안정성, 보존량을 함께 검토한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

11.2 Newton-Raphson 근 찾기

난이도: 대학-대학원
태그: numerical methods

카드: 97/530

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$$

$$e_{n+1} \approx C e_n^2$$

$$f'(x_n) \neq 0$$

$$x_{n+1} = x_n - J^{-1}F(x_n) \quad \text{system}$$

핵심 생각 비선형 방정식을 접선으로 반복 선형화한다.

예시 예시: 열방정식 시뮬레이션에서는 공간격자와 시간간격이 안정조건을 만족해야 한다.

주의 수치해는 항상 수렴성, 안정성, 보존량을 함께 검토한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

11.3 수치미분

난이도: 대학-대학원
태그: numerical methods

카드: 98/530

$$f'(x) \approx \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

$$f'(x) \approx \frac{f(x+h) - f(x-h)}{2h}$$

$$f''(x) \approx \frac{f(x+h) - 2f(x) + f(x-h)}{h^2}$$

error = truncation + roundoff

핵심 생각 h 가 너무 크면 절단오차, 너무 작으면 반올림오차가 커진다.

예시 예시: 열방정식 시뮬레이션에서는 공간격자와 시간간격이 안정조건을 만족해야 한다.

주의 수치해는 항상 수렴성, 안정성, 보존량을 함께 검토한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

11.4 수치적분

난이도: 대학-대학원
태그: numerical methods

카드: 99/530

$$\begin{aligned}\int_a^b f dx &\approx h \left[\frac{f_0 + f_n}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} f_i \right] \\ \int_a^b f dx &\approx \frac{h}{3} [f_0 + f_n + 4 \sum f_{2i-1} + 2 \sum f_{2i}] \\ \int f(x) dx &\approx \sum_i w_i f(x_i) \\ \text{Monte Carlo : } \int_D f &\approx |D| \frac{1}{N} \sum_i f(X_i)\end{aligned}$$

핵심 생각 복잡한 적분은 격자, 가중치, 무작위 표본으로 근사한다.

예시 예시: 열방정식 시뮬레이션에서는 공간격자와 시간간격이 안정조건을 만족해야 한다.

주의 수치해는 항상 수렴성, 안정성, 보존량을 함께 검토한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

11.5 ODE 수치해석

난이도: 대학-대학원
태그: numerical methods

카드: 100/530

$$y_{n+1} = y_n + hf(t_n, y_n) \quad \text{Euler}$$

$$y_{n+1} = y_n + \frac{h}{2}(k_1 + k_2) \quad \text{RK2}$$

$$y_{n+1} = y_n + \frac{h}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \quad \text{RK4}$$

$$h < h_{\text{stability}}$$

핵심 생각 시간적분은 정확도와 안정성의 균형을 요구한다.

예시 예시: 열방정식 시뮬레이션에서는 공간격자와 시간간격이 안정조건을 만족해야 한다.

주의 수치해는 항상 수렴성, 안정성, 보존량을 함께 검토한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

11.6 유한차분법

난이도: 대학-대학원
태그: numerical methods

카드: 101/530

$$\partial_x u_i \approx \frac{u_{i+1} - u_{i-1}}{2\Delta x}$$

$$\partial_{xx} u_i \approx \frac{u_{i+1} - 2u_i + u_{i-1}}{\Delta x^2}$$

$$\partial_t u_i^n \approx \frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\Delta t}$$

$$C = \frac{c\Delta t}{\Delta x} \quad \text{CFL number}$$

핵심 생각 PDE를 격자 위의 대수 방정식으로 바꾼다.

예시 예시: 열방정식 시뮬레이션에서는 공간격자와 시간간격이 안정조건을 만족해야 한다.

주의 수치해는 항상 수렴성, 안정성, 보존량을 함께 검토한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

11.7 유한요소법 약형

난이도: 대학-대학원
태그: numerical methods

카드: 102/530

$$Lu = f \Rightarrow \int_{\Omega} v Lu \, d\Omega = \int_{\Omega} v f \, d\Omega$$

$$u_h = \sum_i U_i N_i$$

$$KU = F$$

$$K_{ij} = \int_{\Omega} B_i^T D B_j \, d\Omega$$

핵심 생각 약형과 기저함수로 복잡한 형상의 PDE를 푼다.

예시 예시: 열방정식 시뮬레이션에서는 공간격자와 시간간격이 안정조건을 만족해야 한다.

주의 수치해는 항상 수렴성, 안정성, 보존량을 함께 검토한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

11.8 FFT와 복잡도

난이도: 대학-대학원
태그: numerical methods

카드: 103/530

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-i2\pi kn/N}$$

$$x_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X_k e^{i2\pi kn/N}$$

$$\text{DFT cost} = O(N^2)$$

$$\text{FFT cost} = O(N \log N)$$

핵심 생각 FFT는 주파수 분석과 합성곱 계산을 빠르게 한다.

예시 예시: 열방정식 시뮬레이션에서는 공간격자와 시간간격이 안정조건을 만족해야 한다.

주의 수치해는 항상 수렴성, 안정성, 보존량을 함께 검토한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 12

이산수학과 정보

12.1 집합과 논리

난이도: 대학
태그: discrete

카드: 104/530

$$A \cup B = \{x : x \in A \text{ or } x \in B\}$$

$$A \cap B = \{x : x \in A \text{ and } x \in B\}$$

$$(A \cup B)^c = A^c \cap B^c$$

$$P \Rightarrow Q \equiv \neg P \vee Q$$

핵심 생각 정의와 조건을 엄밀히 쓰는 능력은 모든 고급 이론의 기본이다.

예시 예시: 회로망, 통신망, 화학 반응 네트워크는 그래프와 행렬로 표현된다.

주의 정의가 모호하면 계산은 맞아도 해석이 흔들린다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

12.2 관계와 함수

난이도: 대학
태그: discrete

카드: 105/530

$$\begin{aligned} R &\subset A \times B \\ f &\subset A \times B \\ \forall a \in A \exists! b \in B : (a, b) \in f \\ |A \times B| &= |A||B| \end{aligned}$$

핵심 생각 함수는 특별한 관계이며 데이터베이스와 범주론까지 이어진다.

예시 예시: 회로망, 통신망, 화학 반응 네트워크는 그래프와 행렬로 표현된다.

주의 정의가 모호하면 계산은 맞아도 해석이 흔들린다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

12.3 그래프 이론

난이도: 대학
태그: discrete

카드: 106/530

$$G = (V, E)$$

$$\sum_{v \in V} \deg(v) = 2|E|$$

$$L = D - A$$

$$x^T L x = \sum_{(i,j) \in E} (x_i - x_j)^2$$

핵심 생각 그래프는 네트워크, 회로, 분자 구조, 소셜 시스템의 공통 모델이다.

예시 예시: 회로망, 통신망, 화학 반응 네트워크는 그래프와 행렬로 표현된다.

주의 정의가 모호하면 계산은 맞아도 해석이 흔들린다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

12.4 조합론

난이도: 대학
태그: discrete

카드: 107/530

$$P(n, k) = \frac{n!}{(n-k)!}$$

$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}$$

$$(1+x)^n = \sum_k \binom{n}{k} x^k$$

$$\sum_k \binom{n}{k} = 2^n$$

핵심 생각 경우의 수 계산은 확률과 알고리즘 복잡도의 기초다.

예시 예시: 회로망, 통신망, 화학 반응 네트워크는 그래프와 행렬로 표현된다.

주의 정의가 모호하면 계산은 맞아도 해석이 흔들린다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

12.5 정보이론

난이도: 대학
태그: discrete

카드: 108/530

$$H(X) = - \sum_x p(x) \log p(x)$$

$$I(X; Y) = H(X) - H(X|Y)$$

$$D_{\text{KL}}(p||q) = \sum_x p(x) \log \frac{p(x)}{q(x)}$$

$$C = B \log_2(1 + S/N)$$

핵심 생각 정보량은 불확실성 감소로 측정된다.

예시 예시: 회로망, 통신망, 화학 반응 네트워크는 그래프와 행렬로 표현된다.

주의 정의가 모호하면 계산은 맞아도 해석이 흔들린다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

12.6 알고리즘 복잡도

난이도: 대학
태그: discrete

카드: 109/530

$$T(n) = O(f(n))$$

$$T(n) = aT(n/b) + O(n^d) \Rightarrow \text{Master theorem}$$

$$\sum_{k=1}^n k = O(n^2)$$

$$\log(ab) = \log a + \log b$$

핵심 생각 복잡도는 입력 크기가 커질 때 계산량이 어떻게 증가하는지 말한다.

예시 예시: 회로망, 통신망, 화학 반응 네트워크는 그래프와 행렬로 표현된다.

주의 정의가 모호하면 계산은 맞아도 해석이 흔들린다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Part III

III. 대학원 이후 수학과 연구 도구

Chapter 13

고급 수학과 이론 물리 도구

13.1 실해석: 수렴

난이도: 대학원-연구자
태그: advanced math

카드: 110/530

$$x_n \rightarrow x \iff \forall \epsilon > 0 \exists N \forall n > N : |x_n - x| < \epsilon$$

$$\sum a_n \text{ absolutely convergent} \Rightarrow \sum a_n \text{ convergent}$$

$$\limsup a_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \sup_{k \geq n} a_k$$

$$\text{Cauchy} \iff \text{convergent in complete space}$$

핵심 생각 엄밀한 수렴 개념은 근사와 극한 교환의 안전장치다.

예시 예시: 양자역학의 Hilbert 공간, 전자기학의 미분형식, 유체역학의 약해는 모두 고급 수학 언어로 정리된다.

주의 정리의 가정이 빠지면 결론을 사용할 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

13.2 측도와 Lebesgue 적분

난이도: 대학원-연구자
태그: advanced math

카드: 111/530

$$\begin{aligned}\mu\left(\bigcup_i A_i\right) &= \sum_i \mu(A_i) \quad \text{disjoint} \\ \int f \, d\mu &= \sup \int s \, d\mu \quad 0 \leq s \leq f \\ f_n \uparrow f &\Rightarrow \int f_n \, d\mu \uparrow \int f \, d\mu \\ |f_n| \leq g \in L^1, f_n \rightarrow f &\Rightarrow \int f_n \rightarrow \int f\end{aligned}$$

핵심 생각 확률과 함수해석의 공통 기반은 측도론이다.

예시 예시: 양자역학의 Hilbert 공간, 전자기학의 미분형식, 유체역학의 약해는 모두 고급 수학 언어로 정리된다.

주의 정리의 가정이 빠지면 결론을 사용할 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

13.3 함수공간

난이도: 대학원-연구자
태그: advanced math

카드: 112/530

$$L^p(\Omega) = \{f : \int |f|^p < \infty\}$$

$$\|f\|_p = \left(\int |f|^p \right)^{1/p}$$

$$H^1(\Omega) = \{f \in L^2 : \nabla f \in L^2\}$$

$$C^k(\Omega) = \{f : D^\alpha f \text{ continuous, } |\alpha| \leq k\}$$

핵심 생각 PDE와 약해는 적절한 함수공간 위에서 정의된다.

예시 예시: 양자역학의 Hilbert 공간, 전자기학의 미분형식, 유체역학의 약해는 모두 고급 수학 언어로 정리된다.

주의 정리의 가정이 빠지면 결론을 사용할 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

13.4 Hilbert 공간

난이도: 대학원-연구자
태그: advanced math

카드: 113/530

$$\begin{aligned}\langle x, y \rangle &= \overline{\langle y, x \rangle} \\ \|x\|^2 &= \langle x, x \rangle \\ x &= \sum_n \langle e_n, x \rangle e_n \\ \|x\|^2 &= \sum_n |\langle e_n, x \rangle|^2\end{aligned}$$

핵심 생각 Hilbert 공간은 Fourier 해석과 양자역학의 자연 무대다.

예시 예시: 양자역학의 Hilbert 공간, 전자기학의 미분형식, 유체역학의 약해는 모두 고급 수학 언어로 정리된다.

주의 정리의 가정이 빠지면 결론을 사용할 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

13.5 Banach fixed point

난이도: 대학원-연구자
태그: advanced math

카드: 114/530

$$d(Tx, Ty) \leq qd(x, y) \quad (0 < q < 1)$$

$$x^* = Tx^*$$

$$d(x_n, x^*) \leq \frac{q^n}{1-q} d(x_1, x_0)$$

$$x_{n+1} = Tx_n$$

핵심 생각 수축사상 정리는 반복 알고리즘의 수렴을 보장한다.

예시 예시: 양자역학의 Hilbert 공간, 전자기학의 미분형식, 유체역학의 약해는 모두 고급 수학 언어로 정리된다.

주의 정리의 가정이 빠지면 결론을 사용할 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

13.6 분포와 generalized function

난이도: 대학원-연구자
태그: advanced math

카드: 115/530

$$\begin{aligned}\langle \delta, \phi \rangle &= \phi(0) \\ \partial_i T(\phi) &= -T(\partial_i \phi) \\ \nabla^2 \frac{1}{4\pi r} &= -\delta(\mathbf{r}) \\ H'(x) &= \delta(x)\end{aligned}$$

핵심 생각 델타 함수와 계단 함수는 분포 이론에서 엄밀해진다.

예시 예시: 양자역학의 Hilbert 공간, 전자기학의 미분형식, 유체역학의 약해는 모두 고급 수학 언어로 정리된다.

주의 정리의 가정이 빠지면 결론을 사용할 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

13.7 복소해석: Cauchy-Riemann

난이도: 대학원-연구자
태그: advanced math

카드: 116/530

$$f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$$

$$u_x = v_y, \quad u_y = -v_x$$

$$\oint_{\gamma} f(z) dz = 0 \quad \text{analytic inside}$$

$$f'(z) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(z+h) - f(z)}{h}$$

핵심 생각 복소미분 가능성은 매우 강한 구조를 만든다.

예시 예시: 양자역학의 Hilbert 공간, 전자기학의 미분형식, 유체역학의 약해는 모두 고급 수학 언어로 정리된다.

주의 정리의 가정이 빠지면 결론을 사용할 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

13.8 Cauchy 적분공식과 residue

난이도: 대학원-연구자
태그: advanced math

카드: 117/530

$$f(a) = \frac{1}{2\pi i} \oint_{\gamma} \frac{f(z)}{z-a} dz$$

$$\oint_{\gamma} f(z) dz = 2\pi i \sum \text{Res}(f, z_k)$$

$$\text{Res}\left(\frac{g}{h}, z_0\right) = \frac{g(z_0)}{h'(z_0)}$$

$$\text{Laurent : } f(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n (z - z_0)^n$$

핵심 생각 복소적분은 실수 적분과 안정성 해석에 강력한 도구다.

예시 예시: 양자역학의 Hilbert 공간, 전자기학의 미분형식, 유체역학의 약해는 모두 고급 수학 언어로 정리된다.

주의 정리의 가정이 빠지면 결론을 사용할 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

13.9 특수함수: Gamma와 Beta

난이도: 대학원-연구자
태그: advanced math

카드: 118/530

$$\Gamma(z) = \int_0^{\infty} t^{z-1} e^{-t} dt$$

$$\Gamma(n+1) = n!$$

$$B(x, y) = \int_0^1 t^{x-1} (1-t)^{y-1} dt$$

$$B(x, y) = \frac{\Gamma(x)\Gamma(y)}{\Gamma(x+y)}$$

핵심 생각 특수함수는 ODE와 적분의 표준 해를 압축한다.

예시 예시: 양자역학의 Hilbert 공간, 전자기학의 미분형식, 유체역학의 약해는 모두 고급 수학 언어로 정리된다.

주의 정리의 가정이 빠지면 결론을 사용할 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

13.10 Bessel 함수

난이도: 대학원-연구자
태그: advanced math

카드: 119/530

$$x^2 y'' + xy' + (x^2 - \nu^2)y = 0$$

$$J_\nu(x) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m}{m! \Gamma(m + \nu + 1)} \left(\frac{x}{2}\right)^{2m+\nu}$$

$$\int_0^R r J_\nu(\alpha_{\nu m} r/R) J_\nu(\alpha_{\nu n} r/R) dr = 0 \quad (m \neq n)$$

$J_{-\nu}, Y_\nu$ second solutions

핵심 생각 원통 대칭 문제의 자연 모드다.

예시 예시: 양자역학의 Hilbert 공간, 전자기학의 미분형식, 유체역학의 약해는 모두 고급 수학 언어로 정리된다.

주의 정리의 가정이 빠지면 결론을 사용할 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

13.11 Legendre와 spherical harmonics

난이도: 대학원-연구자
태그: advanced math

카드: 120/530

$$\frac{d}{dx} [(1-x^2)P'_l(x)] + l(l+1)P_l(x) = 0$$

$$Y_l^m(\theta, \phi) = N_{lm} P_l^m(\cos \theta) e^{im\phi}$$

$$\int Y_l^{m*} Y_{l'}^{m'} d\Omega = \delta_{ll'} \delta_{mm'}$$

$$\frac{1}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} = \sum_{l,m} \frac{4\pi}{2l+1} \frac{r_{<}^l}{r_{>}^{l+1}} Y_l^m Y_l^{m*}$$

핵심 생각 구면 대칭장의 다중극 전개에 필수다.

예시 예시: 양자역학의 Hilbert 공간, 전자기학의 미분형식, 유체역학의 약해는 모두 고급 수학 언어로 정리된다.

주의 정리의 가정이 빠지면 결론을 사용할 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

13.12 변분법

난이도: 대학원-연구자
태그: advanced math

카드: 121/530

$$S[q] = \int_{t_1}^{t_2} L(q, \dot{q}, t) dt$$

$$\delta S = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial q_i} - \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} = 0$$

$$\delta \int_{\Omega} F(u, \nabla u) d\Omega = 0$$

핵심 생각 작용을 정지시키는 경로가 운동방정식을 만족한다.

예시 예시: 양자역학의 Hilbert 공간, 전자기학의 미분형식, 유체역학의 약해는 모두 고급 수학 언어로 정리된다.

주의 정리의 가정이 빠지면 결론을 사용할 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

13.13 미분기하: 곡선과 곡률

난이도: 대학원-연구자
태그: advanced math

카드: 122/530

$$\begin{aligned} T &= \frac{d\mathbf{r}/ds}{\|d\mathbf{r}/ds\|} \\ \kappa &= \|dT/ds\| \\ \tau &= -B' \cdot N \\ \frac{d}{ds} \begin{pmatrix} T \\ N \\ B \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} 0 & \kappa & 0 \\ -\kappa & 0 & \tau \\ 0 & -\tau & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T \\ N \\ B \end{pmatrix} \end{aligned}$$

핵심 생각 곡선의 휘어짐과 비틀림은 Frenet-Serret 공식으로 표현된다.

예시 예시: 양자역학의 Hilbert 공간, 전자기학의 미분형식, 유체역학의 약해는 모두 고급 수학 언어로 정리된다.

주의 정리의 가정이 빠지면 결론을 사용할 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

13.14 다양체와 텐서

난이도: 대학원-연구자
태그: advanced math

카드: 123/530

$$T^{i'}_{j'} = \frac{\partial x^{i'}}{\partial x^i} \frac{\partial x^j}{\partial x^{j'}} T^i_j$$

$$ds^2 = g_{ij} dx^i dx^j$$

$$\nabla_k V^i = \partial_k V^i + \Gamma^i_{kj} V^j$$

$$\Gamma^i_{jk} = \frac{1}{2} g^{il} (\partial_j g_{lk} + \partial_k g_{lj} - \partial_l g_{jk})$$

핵심 생각 텐서는 좌표계를 바꿔도 같은 기하학적 대상을 나타낸다.

예시 예시: 양자역학의 Hilbert 공간, 전자기학의 미분형식, 유체역학의 약해는 모두 고급 수학 언어로 정리된다.

주의 정리의 가정이 빠지면 결론을 사용할 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

13.15 곡률 텐서

난이도: 대학원-연구자
태그: advanced math

카드: 124/530

$$[\nabla_i, \nabla_j]V^k = R^k{}_{lij}V^l$$
$$R_{ij} = R^k{}_{ikj}$$
$$R = g^{ij}R_{ij}$$
$$G_{ij} = R_{ij} - \frac{1}{2}Rg_{ij}$$

핵심 생각 일반상대론과 연속체 기하의 핵심 언어다.

예시 예시: 양자역학의 Hilbert 공간, 전자기학의 미분형식, 유체역학의 약해는 모두 고급 수학 언어로 정리된다.

주의 정리의 가정이 빠지면 결론을 사용할 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

13.16 Lie 군과 Lie 대수

난이도: 대학원-연구자
태그: advanced math

카드: 125/530

$$\begin{aligned} g(\epsilon) &= \exp(\epsilon X) \\ [X, Y] &= XY - YX \\ [T_a, T_b] &= f_{ab}^c T_c \\ \text{Ad}_g X &= gXg^{-1} \end{aligned}$$

핵심 생각 연속 대칭은 Lie 대수와 보존량으로 연결된다.

예시 예시: 양자역학의 Hilbert 공간, 전자기학의 미분형식, 유체역학의 약해는 모두 고급 수학 언어로 정리된다.

주의 정리의 가정이 빠지면 결론을 사용할 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

13.17 군 표현론

난이도: 대학원-연구자
태그: advanced math

카드: 126/530

$$\begin{aligned}\rho : G &\rightarrow GL(V) \\ \chi(g) &= \text{tr } \rho(g) \\ \frac{1}{|G|} \sum_g \chi_i(g)^* \chi_j(g) &= \delta_{ij} \\ V &= \bigoplus_i V_i\end{aligned}$$

핵심 생각 대칭성이 있는 양자계와 분자의 상태를 분해한다.

예시 예시: 양자역학의 Hilbert 공간, 전자기학의 미분형식, 유체역학의 약해는 모두 고급 수학 언어로 정리된다.

주의 정리의 가정이 빠지면 결론을 사용할 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

13.18 외미분 형식

난이도: 대학원-연구자
태그: advanced math

카드: 127/530

$$\begin{aligned}d^2 &= 0 \\ \int_M d\omega &= \int_{\partial M} \omega \\ F &= dA \\ dF &= 0\end{aligned}$$

핵심 생각 Stokes 정리의 모든 버전은 외미분 형식으로 하나가 된다.

예시 예시: 양자역학의 Hilbert 공간, 전자기학의 미분형식, 유체역학의 약해는 모두 고급 수학 언어로 정리된다.

주의 정리의 가정이 빠지면 결론을 사용할 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

13.19 stochastic calculus

난이도: 대학원-연구자
태그: advanced math

카드: 128/530

$$dW_t^2 = dt$$

$$dX_t = a(X_t, t)dt + b(X_t, t)dW_t$$

$$df = f_t dt + f_x dX + \frac{1}{2} f_{xx} (dX)^2$$

$$\partial_t p = -\partial_x(ap) + \frac{1}{2} \partial_{xx}(b^2 p)$$

핵심 생각 확률미분방정식은 잡음이 들어간 동역학을 모델링한다.

예시 예시: 양자역학의 Hilbert 공간, 전자기학의 미분형식, 유체역학의 약해는 모두 고급 수학 언어로 정리된다.

주의 정리의 가정이 빠지면 결론을 사용할 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

13.20 Sobolev와 약해

난이도: 대학원-연구자
태그: advanced math

카드: 129/530

$$\int_{\Omega} \nabla u \cdot \nabla v \, d\Omega = \int_{\Omega} f v \, d\Omega$$

$$u \in H_0^1(\Omega) \Rightarrow \text{zero trace}$$

$$\|u\|_{H^1}^2 = \|u\|_{L^2}^2 + \|\nabla u\|_{L^2}^2$$

$$a(u, v) = \ell(v)$$

핵심 생각 약해는 미분이 고전적으로 존재하지 않아도 PDE를 풀 수 있게 한다.

예시 예시: 양자역학의 Hilbert 공간, 전자기학의 미분형식, 유체역학의 약해는 모두 고급 수학 언어로 정리된다.

주의 정리의 가정이 빠지면 결론을 사용할 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

13.21 Renormalization group

난이도: 대학원-연구자
태그: advanced math

카드: 130/530

$$\begin{aligned}K' &= R_b(K) \\ \xi(K) &= b \xi(K') \\ \frac{dg_i}{d\ell} &= \beta_i(g) \\ g_i(\ell) &\sim e^{y_i \ell} g_i(0)\end{aligned}$$

핵심 생각 RG는 스케일을 바꿔도 유지되는 보편성을 설명한다.

예시 예시: 양자역학의 Hilbert 공간, 전자기학의 미분형식, 유체역학의 약해는 모두 고급 수학 언어로 정리된다.

주의 정리의 가정이 빠지면 결론을 사용할 수 없다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Part IV

IV. 물리학 공식 백과

Chapter 14

고전역학과 해석역학

14.1 기본 운동학

난이도: 고등-대학원
태그: mechanics

카드: 131/530

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$$

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (a \text{ constant})$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

핵심 생각 운동학은 힘의 원인을 묻기 전에 위치, 속도, 가속도를 묘사한다.

예시 예시: 진동계는 먼저 자유물체도 또는 Lagrangian을 세운 뒤 선형화해서 고유진동수를 구한다.

주의 좌표계, 부호, 보존량을 식보다 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

14.2 Newton 법칙

난이도: 고등-대학원
태그: mechanics

카드: 132/530

$$\sum \mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

$$\mathbf{F}_{12} = -\mathbf{F}_{21}$$

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v}$$

$$\sum \mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$$

핵심 생각 고전역학의 기본 방정식은 운동량 변화율이 힘이라는 말이다.

예시 예시: 진동계는 먼저 자유물체도 또는 Lagrangian을 세운 뒤 선형화해서 고유진동수를 구한다.

주의 좌표계, 부호, 보존량을 식보다 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

14.3 일과 에너지

난이도: 고등-대학원
태그: mechanics

카드: 133/530

$$W = \int_C \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

$$W_{\text{net}} = \Delta K$$

$$\mathbf{F} = -\nabla U \Rightarrow E = K + U \text{ conserved}$$

핵심 생각 에너지는 경로와 보존성을 판단하는 강력한 스칼라 도구다.

예시 예시: 진동계는 먼저 자유물체도 또는 Lagrangian을 세운 뒤 선형화해서 고유진동수를 구한다.

주의 좌표계, 부호, 보존량을 식보다 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

14.4 운동량과 충격량

난이도: 고등-대학원
태그: mechanics

카드: 134/530

$$\begin{aligned} \mathbf{J} &= \int_{t_1}^{t_2} \mathbf{F} dt \\ \mathbf{J} &= \Delta \mathbf{p} \\ \mathbf{P}_{\text{total}} &= \sum_i \mathbf{p}_i \\ \frac{d\mathbf{P}}{dt} &= \mathbf{F}_{\text{ext}} \end{aligned}$$

핵심 생각 충돌과 폭발 문제에서는 운동량 보존이 먼저다.

예시 예시: 진동계는 먼저 자유물체도 또는 Lagrangian을 세운 뒤 선형화해서 고유진동수를 구한다.

주의 좌표계, 부호, 보존량을 식보다 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

14.5 원운동

난이도: 고등-대학원
태그: mechanics

카드: 135/530

$$a_c = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$$

$$v = \omega r$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$F_c = m \frac{v^2}{r}$$

핵심 생각 원운동은 방향이 계속 바뀌므로 속도 크기가 일정해도 가속도가 있다.

예시 예시: 진동계는 먼저 자유물체도 또는 Lagrangian을 세운 뒤 선형화해서 고유진동수를 구한다.

주의 좌표계, 부호, 보존량을 식보다 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

14.6 회전역학

난이도: 고등-대학원
태그: mechanics

카드: 136/530

$$\begin{aligned}\boldsymbol{\tau} &= \mathbf{r} \times \mathbf{F} \\ \mathbf{L} &= \mathbf{r} \times \mathbf{p} \\ \boldsymbol{\tau} &= \frac{d\mathbf{L}}{dt} \\ K_{\text{rot}} &= \frac{1}{2} I \omega^2\end{aligned}$$

핵심 생각 회전 문제에서는 힘 대신 토크, 질량 대신 관성모멘트를 본다.

예시 예시: 진동계는 먼저 자유물체도 또는 Lagrangian을 세운 뒤 선형화해서 고유진동수를 구한다.

주의 좌표계, 부호, 보존량을 식보다 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

14.7 관성모멘트

난이도: 고등-대학원
태그: mechanics

카드: 137/530

$$I = \int r_{\perp}^2 dm$$

$$I_{\text{parallel}} = I_{\text{cm}} + Md^2$$

$$I_{\text{rod, center}} = \frac{1}{12}ML^2$$

$$I_{\text{disk}} = \frac{1}{2}MR^2$$

핵심 생각 질량이 회전축에서 멀수록 회전에 대한 저항이 커진다.

예시 예시: 진동계는 먼저 자유물체도 또는 Lagrangian을 세운 뒤 선형화해서 고유진동수를 구한다.

주의 좌표계, 부호, 보존량을 식보다 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

14.8 중력

난이도: 고등-대학원
태그: mechanics

카드: 138/530

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$U(r) = -G \frac{Mm}{r}$$

$$g(r) = G \frac{M}{r^2}$$

$$v_{\text{esc}} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

핵심 생각 중력은 보존력이며 중심력 문제의 대표 사례다.

예시 예시: 진동계는 먼저 자유물체도 또는 Lagrangian을 세운 뒤 선형화해서 고유진동수를 구한다.

주의 좌표계, 부호, 보존량을 식보다 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

14.9 Lagrange 역학

난이도: 고등-대학원
태그: mechanics

카드: 139/530

$$\begin{aligned}
 L(q, \dot{q}, t) &= T - U \\
 \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial L}{\partial q_i} &= Q_i^{\text{nc}} \\
 p_i &= \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \\
 \delta S &= 0
 \end{aligned}$$

핵심 생각 일반화 좌표를 쓰면 제약이 있는 문제를 체계적으로 다룬다.

예시 예시: 진동계는 먼저 자유물체도 또는 Lagrangian을 세운 뒤 선형화해서 고유진동수를 구한다.

주의 좌표계, 부호, 보존량을 식보다 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

14.10 Hamilton 역학

난이도: 고등-대학원
태그: mechanics

카드: 140/530

$$H(q, p, t) = \sum_i p_i \dot{q}_i - L$$

$$\dot{q}_i = \frac{\partial H}{\partial p_i}$$

$$\dot{p}_i = -\frac{\partial H}{\partial q_i}$$

$$\frac{df}{dt} = \{f, H\} + \partial_t f$$

핵심 생각 Hamilton 형식은 위상공간과 양자역학으로 이어진다.

예시 예시: 진동계는 먼저 자유물체도 또는 Lagrangian을 세운 뒤 선형화해서 고유진동수를 구한다.

주의 좌표계, 부호, 보존량을 식보다 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

14.11 Poisson bracket

난이도: 고등-대학원
태그: mechanics

카드: 141/530

$$\begin{aligned}\{f, g\} &= \sum_i \left(\frac{\partial f}{\partial q_i} \frac{\partial g}{\partial p_i} - \frac{\partial f}{\partial p_i} \frac{\partial g}{\partial q_i} \right) \\ \dot{f} &= \{f, H\} + \partial_t f \\ \{q_i, p_j\} &= \delta_{ij} \\ \{L_i, L_j\} &= \epsilon_{ijk} L_k\end{aligned}$$

핵심 생각 Poisson bracket은 고전역학의 대수 구조다.

예시 예시: 진동계는 먼저 자유물체도 또는 Lagrangian을 세운 뒤 선형화해서 고유진동수를 구한다.

주의 좌표계, 부호, 보존량을 식보다 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

14.12 중심력과 궤도

난이도: 고등-대학원
태그: mechanics

카드: 142/530

$$V_{\text{eff}}(r) = V(r) + \frac{L^2}{2mr^2}$$

$$u(\phi) = 1/r$$

$$\frac{d^2 u}{d\phi^2} + u = -\frac{m}{L^2 u^2} F(1/u)$$

$$r(\phi) = \frac{\ell}{1 + e \cos \phi}$$

핵심 생각 중심력에서는 각운동량 보존으로 2차원 문제로 줄어든다.

예시 예시: 진동계는 먼저 자유물체도 또는 Lagrangian을 세운 뒤 선형화해서 고유진동수를 구한다.

주의 좌표계, 부호, 보존량을 식보다 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

14.13 강체의 Euler 방정식

난이도: 고등-대학원
태그: mechanics

카드: 143/530

$$\mathbf{L} = I\boldsymbol{\omega}$$

$$\boldsymbol{\tau} = \left(\frac{d\mathbf{L}}{dt} \right)_{\text{body}} + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{L}$$

$$I_1\dot{\omega}_1 + (I_3 - I_2)\omega_2\omega_3 = \tau_1$$

$$R^T R = I$$

핵심 생각 강체 회전은 축 선택과 관성텐서가 핵심이다.

예시 예시: 진동계는 먼저 자유물체도 또는 Lagrangian을 세운 뒤 선형화해서 고유진동수를 구한다.

주의 좌표계, 부호, 보존량을 식보다 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

14.14 소진동과 정상모드

난이도: 고등-대학원
태그: mechanics

카드: 144/530

$$\begin{aligned} M\ddot{q} + Kq &= 0 \\ q &= ae^{i\omega t} \\ (K - \omega^2 M)a &= 0 \\ \det(K - \omega^2 M) &= 0 \end{aligned}$$

핵심 생각 결합 진동계는 고유값 문제로 분해된다.

예시 예시: 진동계는 먼저 자유물체도 또는 Lagrangian을 세운 뒤 선형화해서 고유진동수를 구한다.

주의 좌표계, 부호, 보존량을 식보다 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 15

파동, 유체, 열 및 통계역학

15.1 단순 조화운동

난이도: 대학-대학원
태그: waves fluids thermodynamics

카드: 145/530

$$m\ddot{x} + kx = 0$$

$$x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$$

$$\omega = \sqrt{k/m}$$

$$E = \frac{1}{2}m\dot{x}^2 + \frac{1}{2}kx^2$$

핵심 생각 선형 안정 평형 주변의 운동은 대개 조화진동자로 시작한다.

예시 예시: 열, 유체, 파동 문제는 보존법칙과 구성관계가 결합된 PDE로 정리된다.

주의 평형, 정상상태, 선형화 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

15.2 감쇠와 강제진동

난이도: 대학-대학원
태그: waves fluids thermodynamics

카드: 146/530

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_0 \cos \omega t$$

$$X(\omega) = \frac{F_0}{k - m\omega^2 + ic\omega}$$

$$Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} \approx \frac{1}{2\zeta}$$

$$\omega_r \approx \omega_0 \sqrt{1 - 2\zeta^2}$$

핵심 생각 공진은 입력 주파수와 자연 주파수가 가까울 때 큰 응답을 만든다.

예시 예시: 열, 유체, 파동 문제는 보존법칙과 구성관계가 결합된 PDE로 정리된다.

주의 평형, 정상상태, 선형화 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

15.3 파동의 기본

난이도: 대학-대학원
태그: waves fluids thermodynamics

카드: 147/530

$$y(x, t) = A \cos(kx - \omega t + \phi)$$

$$v_p = \omega/k$$

$$v_g = d\omega/dk$$

$$I \propto A^2$$

핵심 생각 파동은 위상과 에너지가 공간을 따라 전달되는 현상이다.

예시 예시: 열, 유체, 파동 문제는 보존법칙과 구성관계가 결합된 PDE로 정리된다.

주의 평형, 정상상태, 선형화 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

15.4 음파

난이도: 대학-대학원
태그: waves fluids thermodynamics

카드: 148/530

$$\begin{aligned}c &= \sqrt{B/\rho} \\c_{\text{gas}} &= \sqrt{\gamma RT/M} \\I &= p_{\text{rms}}^2/(\rho c) \\\beta &= 10 \log_{10}(I/I_0)\end{aligned}$$

핵심 생각 음파는 압력 교란이 매질을 통해 전파되는 종파다.

예시 예시: 열, 유체, 파동 문제는 보존법칙과 구성관계가 결합된 PDE로 정리된다.

주의 평형, 정상상태, 선형화 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

15.5 유체 정역학

난이도: 대학-대학원
태그: waves fluids thermodynamics

카드: 149/530

$$\begin{aligned} p &= p_0 + \rho gh \\ F_b &= \rho_f g V_{\text{displaced}} \\ \nabla p &= \rho \mathbf{g} \\ p + \rho gz &= \text{constant} \end{aligned}$$

핵심 생각 정지 유체에서는 압력 구배가 체적력과 균형을 이룬다.

예시 예시: 열, 유체, 파동 문제는 보존법칙과 구성관계가 결합된 PDE로 정리된다.

주의 평형, 정상상태, 선형화 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

15.6 연속방정식

난이도: 대학-대학원
태그: waves fluids thermodynamics

카드: 150/530

$$\begin{aligned}\partial_t \rho + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) &= 0 \\ \nabla \cdot \mathbf{u} &= 0 \quad \text{incompressible} \\ Q &= Av \\ \dot{m} &= \rho Q\end{aligned}$$

핵심 생각 질량 보존은 모든 유체 계산의 첫 줄이다.

예시 예시: 열, 유체, 파동 문제는 보존법칙과 구성관계가 결합된 PDE로 정리된다.

주의 평형, 정상상태, 선형화 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

15.7 Euler와 Bernoulli

난이도: 대학-대학원
태그: waves fluids thermodynamics

카드: 151/530

$$\rho(\partial_t \mathbf{u} + \mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u}) = -\nabla p + \rho \mathbf{f}$$

$$p + \frac{1}{2}\rho u^2 + \rho g z = \text{constant}$$

$$\frac{Dp}{Dt} = \partial_t p + \mathbf{u} \cdot \nabla p$$

$$\boldsymbol{\omega} = \nabla \times \mathbf{u}$$

핵심 생각 점성 없는 유동에서는 압력과 운동에너지의 교환이 핵심이다.

예시 예시: 열, 유체, 파동 문제는 보존법칙과 구성관계가 결합된 PDE로 정리된다.

주의 평형, 정상상태, 선형화 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

15.8 Navier-Stokes

난이도: 대학-대학원
태그: waves fluids thermodynamics

카드: 152/530

$$\rho(\partial_t \mathbf{u} + \mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u}) = -\nabla p + \mu \nabla^2 \mathbf{u} + \rho \mathbf{f}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0$$

$$Re = \frac{\rho U L}{\mu}$$

$$\frac{D}{Dt} = \partial_t + \mathbf{u} \cdot \nabla$$

핵심 생각 점성 유체의 운동량 보존 방정식이다.

예시 예시: 열, 유체, 파동 문제는 보존법칙과 구성관계가 결합된 PDE로 정리된다.

주의 평형, 정상상태, 선형화 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

15.9 경계층

난이도: 대학-대학원
태그: waves fluids thermodynamics

카드: 153/530

$$\delta(x) \sim \sqrt{\frac{\nu x}{U}}$$

$$Re_x = \frac{Ux}{\nu}$$

$$\tau_w = \mu \left. \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{y=0}$$

$$C_f = \frac{\tau_w}{\frac{1}{2}\rho U^2}$$

핵심 생각 벽 근처에서는 점성 효과가 얇은 층에 집중된다.

예시 예시: 열, 유체, 파동 문제는 보존법칙과 구성관계가 결합된 PDE로 정리된다.

주의 평형, 정상상태, 선형화 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

15.10 난류 스케일

난이도: 대학-대학원
태그: waves fluids thermodynamics

카드: 154/530

$$\begin{aligned}
 Re &\gg 1 \\
 u_i &= \bar{u}_i + u'_i \\
 -\rho \overline{u'_i u'_j} &\text{ Reynolds stress} \\
 \eta &= \left(\frac{\nu^3}{\epsilon} \right)^{1/4}
 \end{aligned}$$

핵심 생각 난류는 평균 유동과 변동 유동의 에너지 전달 문제다.

예시 예시: 열, 유체, 파동 문제는 보존법칙과 구성관계가 결합된 PDE로 정리된다.

주의 평형, 정상상태, 선형화 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

15.11 열역학 제0, 1법칙

난이도: 대학-대학원
태그: waves fluids thermodynamics

카드: 155/530

$$dU = \delta Q - \delta W$$

$$\delta W = p dV \quad \text{simple compressible}$$

$$H = U + pV$$

$$C_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V$$

핵심 생각 열역학은 상태량과 과정량을 구분해야 한다.

예시 예시: 열, 유체, 파동 문제는 보존법칙과 구성관계가 결합된 PDE로 정리된다.

주의 평형, 정상상태, 선형화 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

15.12 열역학 제2법칙

난이도: 대학-대학원
태그: waves fluids thermodynamics

카드: 156/530

$$\begin{aligned}dS &\geq \frac{\delta Q}{T} \\ \Delta S_{\text{universe}} &\geq 0 \\ \eta_{\text{Carnot}} &= 1 - \frac{T_C}{T_H} \\ dF &= -SdT - pdV\end{aligned}$$

핵심 생각 엔트로피는 가능한 과정의 방향을 제한한다.

예시 예시: 열, 유체, 파동 문제는 보존법칙과 구성관계가 결합된 PDE로 정리된다.

주의 평형, 정상상태, 선형화 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

15.13 상태방정식

난이도: 대학-대학원
태그: waves fluids thermodynamics

카드: 157/530

$$pV = nRT$$

$$pV = Nk_B T$$

$$\left(p + a \frac{n^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

$$Z = \frac{pV_m}{RT}$$

핵심 생각 상태방정식은 거시 상태량 사이의 관계를 준다.

예시 예시: 열, 유체, 파동 문제는 보존법칙과 구성관계가 결합된 PDE로 정리된다.

주의 평형, 정상상태, 선형화 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

15.14 열역학 퍼텐셜

난이도: 대학-대학원
태그: waves fluids thermodynamics

카드: 158/530

$$U(S, V, N)$$

$$H = U + pV$$

$$F = U - TS$$

$$G = H - TS$$

$$dG = -SdT + Vdp + \mu dN$$

핵심 생각 각 퍼텐셜은 자연 변수에 맞을 때 평형 판정이 쉬워진다.

예시 예시: 열, 유체, 파동 문제는 보존법칙과 구성관계가 결합된 PDE로 정리된다.

주의 평형, 정상상태, 선형화 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

15.15 Maxwell 관계

난이도: 대학-대학원
태그: waves fluids thermodynamics

카드: 159/530

$$dU = TdS - pdV$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S = -\left(\frac{\partial p}{\partial S}\right)_V$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T = -\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$$

핵심 생각 퍼텐셜의 혼합편미분 대칭에서 물성 관계가 나온다.

예시 예시: 열, 유체, 파동 문제는 보존법칙과 구성관계가 결합된 PDE로 정리된다.

주의 평형, 정상상태, 선형화 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

15.16 통계역학 기본

난이도: 대학-대학원
태그: waves fluids thermodynamics

카드: 160/530

$$\begin{aligned} S &= k_B \ln \Omega \\ Z &= \sum_s e^{-\beta E_s} \\ F &= -k_B T \ln Z \\ \langle E \rangle &= -\partial_\beta \ln Z \end{aligned}$$

핵심 생각 미시상태의 통계로 거시 열역학을 유도한다.

예시 예시: 열, 유체, 파동 문제는 보존법칙과 구성관계가 결합된 PDE로 정리된다.

주의 평형, 정상상태, 선형화 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

15.17 분포 함수

난이도: 대학-대학원
태그: waves fluids thermodynamics

카드: 161/530

$$f_{\text{MB}}(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{3/2} v^2 e^{-mv^2/(2k_B T)}$$

$$n_{\text{BE}} = \frac{1}{e^{\beta(\epsilon - \mu)} - 1}$$

$$n_{\text{FD}} = \frac{1}{e^{\beta(\epsilon - \mu)} + 1}$$

$$\lambda_T = \frac{h}{\sqrt{2\pi m k_B T}}$$

핵심 생각 고전, boson, fermion의 점유 통계는 서로 다르다.

예시 예시: 열, 유체, 파동 문제는 보존법칙과 구성관계가 결합된 PDE로 정리된다.

주의 평형, 정상상태, 선형화 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

15.18 상전이와 critical exponent

난이도: 대학-대학원
태그: waves fluids thermodynamics

카드: 162/530

$$C \sim |t|^{-\alpha}$$

$$M \sim (-t)^{\beta}$$

$$\chi \sim |t|^{-\gamma}$$

$$\xi \sim |t|^{-\nu}$$

핵심 생각 임계점 근처에서는 세부 모형보다 보편 지수가 중요해진다.

예시 예시: 열, 유체, 파동 문제는 보존법칙과 구성관계가 결합된 PDE로 정리된다.

주의 평형, 정상상태, 선형화 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 16

전자기학과 광학

16.1 Coulomb 법칙과 전기장

난이도: 대학-대학원
태그: electromagnetism optics

카드: 163/530

$$\mathbf{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q}$$

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \rho(\mathbf{r}') \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}'}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3} d^3 r'$$

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\rho(\mathbf{r}')}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} d^3 r'$$

핵심 생각 전기장은 단위 전하가 받는 힘이다.

예시 예시: 전자회로가 고주파가 되면 lumped 회로보다 Maxwell 방정식과 전송선 이론이 중요해진다.

주의 정전기, 정자기, 시간조화장, 복사영역의 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

16.2 Gauss 법칙

난이도: 대학-대학원
태그: electromagnetism optics

카드: 164/530

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{E} &= \rho / \epsilon_0 \\ \oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} &= Q_{\text{enc}} / \epsilon_0 \\ \nabla^2 V &= -\rho / \epsilon_0 \\ \mathbf{E} &= -\nabla V\end{aligned}$$

핵심 생각 대칭성이 있으면 전기장을 적분법칙으로 바로 구할 수 있다.

예시 예시: 전자회로가 고주파가 되면 lumped 회로보다 Maxwell 방정식과 전송선 이론이 중요해진다.

주의 정전기, 정자기, 시간조화장, 복사영역의 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

16.3 전기쌍극자와 다중극

난이도: 대학-대학원
태그: electromagnetism optics

카드: 165/530

$$\mathbf{p} = \int \mathbf{r}' \rho(\mathbf{r}') d^3 r'$$

$$V_{\text{dip}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\mathbf{p} \cdot \hat{\mathbf{r}}}{r^2}$$

$$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{p} \times \mathbf{E}$$

$$U = -\mathbf{p} \cdot \mathbf{E}$$

핵심 생각 멀리서 본 전하분포는 총전하, 쌍극자, 사중극자 순서로 보인다.

예시 예시: 전자회로가 고주파가 되면 lumped 회로보다 Maxwell 방정식과 전송선 이론이 중요해진다.

주의 정전기, 정자기, 시간조화장, 복사영역의 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

16.4 정전기 에너지와 capacitance

난이도: 대학-대학원
태그: electromagnetism optics

카드: 166/530

$$U = \frac{1}{2} \int \rho V d^3 r$$

$$U = \frac{\epsilon_0}{2} \int E^2 d^3 r$$

$$Q = CV$$

$$C_{\text{parallel}} = \epsilon A/d$$

핵심 생각 전기 에너지는 장의 제곱에 비례한다.

예시 예시: 전자회로가 고주파가 되면 lumped 회로보다 Maxwell 방정식과 전송선 이론이 중요해진다.

주의 정전기, 정자기, 시간조화장, 복사영역의 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

16.5 정자기

난이도: 대학-대학원
태그: electromagnetism optics

카드: 167/530

$$\begin{aligned}d\mathbf{B} &= \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{d\boldsymbol{\ell} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2} \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{B} &= \mu_0 \mathbf{J} \\ \mathbf{F} &= q\mathbf{v} \times \mathbf{B}\end{aligned}$$

핵심 생각 정상전류는 자기장을 만들고 자기장은 움직이는 전하에 힘을 준다.

예시 예시: 전자회로가 고주파가 되면 lumped 회로보다 Maxwell 방정식과 전송선 이론이 중요해진다.

주의 정전기, 정자기, 시간조화장, 복사영역의 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

16.6 Ampere와 vector potential

난이도: 대학-대학원
태그: electromagnetism optics

카드: 168/530

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\boldsymbol{\ell} = \mu_0 I_{\text{enc}}$$

$$\mathbf{B} = \nabla \times \mathbf{A}$$

$$\nabla^2 \mathbf{A} = -\mu_0 \mathbf{J} \quad \text{Coulomb gauge}$$

$$\mathbf{m} = I \mathbf{A}_{\text{loop}}$$

핵심 생각 자기장은 발산이 0이므로 벡터퍼텐셜로 표현할 수 있다.

예시 예시: 전자회로가 고주파가 되면 lumped 회로보다 Maxwell 방정식과 전송선 이론이 중요해진다.

주의 정전기, 정자기, 시간조화장, 복사영역의 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

16.7 Faraday 유도

난이도: 대학-대학원
태그: electromagnetism optics

카드: 169/530

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\partial_t \mathbf{B}$$

$$\mathcal{E} = \oint_C \mathbf{E} \cdot d\boldsymbol{\ell}$$

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\Phi_B = \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}$$

핵심 생각 시간에 따라 변하는 자기 flux는 순환 전기장을 만든다.

예시 예시: 전자회로가 고주파가 되면 lumped 회로보다 Maxwell 방정식과 전송선 이론이 중요해진다.

주의 정전기, 정자기, 시간조화장, 복사영역의 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

16.8 Maxwell 방정식

난이도: 대학-대학원
태그: electromagnetism optics

카드: 170/530

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{D} &= \rho_f \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\partial_t \mathbf{B} \\ \nabla \times \mathbf{H} &= \mathbf{J}_f + \partial_t \mathbf{D}\end{aligned}$$

핵심 생각 고전 전자기학의 전체 구조는 네 방정식과 구성방정식으로 압축된다.

예시 예시: 전자회로가 고주파가 되면 lumped 회로보다 Maxwell 방정식과 전송선 이론이 중요해진다.

주의 정전기, 정자기, 시간조화장, 복사영역의 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

16.9 전자기파

난이도: 대학-대학원
태그: electromagnetism optics

카드: 171/530

$$\nabla^2 \mathbf{E} - \mu\epsilon \partial_t^2 \mathbf{E} = 0$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}}$$

$$\eta = \sqrt{\mu/\epsilon}$$

$$\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$$

핵심 생각 Maxwell 방정식은 자유공간에서 빛의 파동방정식을 예측한다.

예시 예시: 전자회로가 고주파가 되면 lumped 회로보다 Maxwell 방정식과 전송선 이론이 중요해진다.

주의 정전기, 정자기, 시간조화장, 복사영역의 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

16.10 경계조건

난이도: 대학-대학원
태그: electromagnetism optics

카드: 172/530

$$\hat{n} \cdot (\mathbf{D}_2 - \mathbf{D}_1) = \sigma_f$$

$$\hat{n} \cdot (\mathbf{B}_2 - \mathbf{B}_1) = 0$$

$$\hat{n} \times (\mathbf{E}_2 - \mathbf{E}_1) = 0$$

$$\hat{n} \times (\mathbf{H}_2 - \mathbf{H}_1) = \mathbf{K}_f$$

핵심 생각 경계면에서는 법선 성분과 접선 성분의 조건이 다르다.

예시 예시: 전자회로가 고주파가 되면 lumped 회로보다 Maxwell 방정식과 전송선 이론이 중요해진다.

주의 정전기, 정자기, 시간조화장, 복사영역의 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

16.11 Poynting 정리

난이도: 대학-대학원
태그: electromagnetism optics

카드: 173/530

$$\begin{aligned}u &= \frac{1}{2}(\mathbf{E} \cdot \mathbf{D} + \mathbf{B} \cdot \mathbf{H}) \\ \mathbf{S} &= \mathbf{E} \times \mathbf{H} \\ \partial_t u + \nabla \cdot \mathbf{S} &= -\mathbf{J} \cdot \mathbf{E} \\ \mathbf{g} &= \mathbf{S}/c^2\end{aligned}$$

핵심 생각 전자기 에너지 보존과 에너지 흐름을 나타낸다.

예시 예시: 전자회로가 고주파가 되면 lumped 회로보다 Maxwell 방정식과 전송선 이론이 중요해진다.

주의 정전기, 정자기, 시간조화장, 복사영역의 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

16.12 Fresnel 계수

난이도: 대학-대학원
태그: electromagnetism optics

카드: 174/530

$$r_s = \frac{n_1 \cos \theta_i - n_2 \cos \theta_t}{n_1 \cos \theta_i + n_2 \cos \theta_t}$$

$$t_s = \frac{2n_1 \cos \theta_i}{n_1 \cos \theta_i + n_2 \cos \theta_t}$$

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t$$

$$\theta_B = \tan^{-1}(n_2/n_1)$$

핵심 생각 반사와 굴절은 경계조건에서 나온다.

예시 예시: 전자회로가 고주파가 되면 lumped 회로보다 Maxwell 방정식과 전송선 이론이 중요해진다.

주의 정전기, 정자기, 시간조화장, 복사영역의 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

16.13 회절과 Fourier optics

난이도: 대학-대학원
태그: electromagnetism optics

카드: 175/530

$$U(P) \propto \int_{\text{aperture}} U(Q) \frac{e^{ikr}}{r} dA$$

$$I(\theta) = I_0 \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2$$

$$\beta = \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}$$

$$\Delta x \Delta k \gtrsim 1$$

핵심 생각 개구의 공간 구조와 원거리 패턴은 Fourier 변환 관계다.

예시 예시: 전자회로가 고주파가 되면 lumped 회로보다 Maxwell 방정식과 전송선 이론이 중요해진다.

주의 정전기, 정자기, 시간조화장, 복사영역의 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

16.14 도파관

난이도: 대학-대학원
태그: electromagnetism optics

카드: 176/530

$$k^2 = \omega^2 \mu \epsilon$$

$$\beta^2 = k^2 - k_c^2$$

$$f_c = \frac{c}{2} \sqrt{(m/a)^2 + (n/b)^2}$$

$$v_g v_p = c^2 \quad \text{vacuum guide}$$

핵심 생각 도파관은 경계조건 때문에 cutoff 주파수를 갖는다.

예시 예시: 전자회로가 고주파가 되면 lumped 회로보다 Maxwell 방정식과 전송선 이론이 중요해진다.

주의 정전기, 정자기, 시간조화장, 복사영역의 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

16.15 안테나

난이도: 대학-대학원
태그: electromagnetism optics

카드: 177/530

$$P_{\text{rad}} = \frac{1}{2} \text{Re} \int_S \mathbf{E} \times \mathbf{H}^* \cdot d\mathbf{S}$$

$$G = \eta_a D$$

$$A_e = \frac{\lambda^2 G}{4\pi}$$

$$P_r = P_t G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2$$

핵심 생각 안테나는 전송선의 신호를 자유공간 파동으로 바꾼다.

예시 예시: 전자회로가 고주파가 되면 lumped 회로보다 Maxwell 방정식과 전송선 이론이 중요해진다.

주의 정전기, 정자기, 시간조화장, 복사영역의 가정을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 17

현대물리와 연구 수준 이론

17.1 특수상대론

난이도: 대학-연구자
태그: modern physics

카드: 178/530

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

$$t' = \gamma(t - vx/c^2)$$

$$x' = \gamma(x - vt)$$

$$E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$$

핵심 생각 시간과 공간은 관성계에 따라 섞인다.

예시 예시: 물리계의 대칭을 먼저 찾으면 보존량, 양자수, 허용 전이가 함께 정리된다.

주의 상대론, 양자, 고전 근사가 적용되는 에너지와 길이 스케일을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

17.2 4-vector와 전자기 텐서

난이도: 대학-연구자
태그: modern physics

카드: 179/530

$$\begin{aligned}x^\mu &= (ct, \mathbf{x}) \\p^\mu &= (E/c, \mathbf{p}) \\A^\mu &= (\phi/c, \mathbf{A}) \\\partial_\mu F^{\mu\nu} &= \mu_0 J^\nu\end{aligned}$$

핵심 생각 상대론적 표기에서는 공변성이 식의 구조를 드러낸다.

예시 예시: 물리계의 대칭을 먼저 찾으면 보존량, 양자수, 허용 전이가 함께 정리된다.

주의 상대론, 양자, 고전 근사가 적용되는 에너지와 길이 스케일을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

17.3 일반상대론

난이도: 대학-연구자
태그: modern physics

카드: 180/530

$$\begin{aligned}
 ds^2 &= g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu \\
 G_{\mu\nu} &= \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu} \\
 \frac{d^2 x^\mu}{d\tau^2} + \Gamma_{\alpha\beta}^\mu \frac{dx^\alpha}{d\tau} \frac{dx^\beta}{d\tau} &= 0 \\
 R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} &= \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}
 \end{aligned}$$

핵심 생각 중력은 시공간 곡률로 표현된다.

예시 예시: 물리계의 대칭을 먼저 찾으면 보존량, 양자수, 허용 전이가 함께 정리된다.

주의 상대론, 양자, 고전 근사가 적용되는 에너지와 길이 스케일을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

17.4 양자역학 공리

난이도: 대학-연구자
태그: modern physics

카드: 181/530

$$\begin{aligned} |\psi\rangle &\in \mathcal{H} \\ \langle\psi|\psi\rangle &= 1 \\ P(a) &= |\langle a|\psi\rangle|^2 \\ \langle A \rangle &= \langle\psi|\hat{A}|\psi\rangle \end{aligned}$$

핵심 생각 양자상태는 Hilbert 공간의 벡터이며 측정확률은 내적의 제곱이다.

예시 예시: 물리계의 대칭을 먼저 찾으면 보존량, 양자수, 허용 전이가 함께 정리된다.

주의 상대론, 양자, 고전 근사가 적용되는 에너지와 길이 스케일을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

17.5 Schrodinger 방정식

난이도: 대학-연구자
태그: modern physics

카드: 182/530

$$\begin{aligned}i\hbar\partial_t|\psi\rangle &= \hat{H}|\psi\rangle \\i\hbar\partial_t\psi(\mathbf{r},t) &= \left[-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + V\right]\psi \\ \hat{H}\phi_n &= E_n\phi_n \\ \psi(t) &= \sum_n c_n e^{-iE_n t/\hbar} \phi_n\end{aligned}$$

핵심 생각 Hamiltonian의 고유상태가 시간발전을 결정한다.

예시 예시: 물리계의 대칭을 먼저 찾으면 보존량, 양자수, 허용 전이가 함께 정리된다.

주의 상대론, 양자, 고전 근사가 적용되는 에너지와 길이 스케일을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

17.6 불확정성과 교환자

난이도: 대학-연구자
태그: modern physics

카드: 183/530

$$[\hat{x}, \hat{p}] = i\hbar$$

$$\Delta A \Delta B \geq \frac{1}{2} |\langle [A, B] \rangle|$$

$$\Delta x \Delta p \geq \hbar/2$$

$$\frac{d}{dt} \langle A \rangle = \frac{i}{\hbar} \langle [H, A] \rangle + \langle \partial_t A \rangle$$

핵심 생각 비가환 연산자는 동시에 정확히 정해질 수 없는 관측량을 만든다.

예시 예시: 물리계의 대칭을 먼저 찾으면 보존량, 양자수, 허용 전이가 함께 정리된다.

주의 상대론, 양자, 고전 근사가 적용되는 에너지와 길이 스케일을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

17.7 각운동량

난이도: 대학-연구자
태그: modern physics

카드: 184/530

$$\begin{aligned}[J_i, J_j] &= i\hbar\epsilon_{ijk}J_k \\ J^2|jm\rangle &= \hbar^2j(j+1)|jm\rangle \\ J_z|jm\rangle &= \hbar m|jm\rangle \\ J_{\pm}|jm\rangle &= \hbar\sqrt{j(j+1)-m(m\pm 1)}|j, m\pm 1\rangle\end{aligned}$$

핵심 생각 회전 대칭의 양자화는 각운동량 대수로 표현된다.

예시 예시: 물리계의 대칭을 먼저 찾으면 보존량, 양자수, 허용 전이가 함께 정리된다.

주의 상대론, 양자, 고전 근사가 적용되는 에너지와 길이 스케일을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

17.8 섭동이론

난이도: 대학-연구자
태그: modern physics

카드: 185/530

$$\begin{aligned}
 H &= H_0 + \lambda V \\
 E_n^{(1)} &= \langle n^{(0)} | V | n^{(0)} \rangle \\
 E_n^{(2)} &= \sum_{m \neq n} \frac{|V_{mn}|^2}{E_n^{(0)} - E_m^{(0)}} \\
 |n^{(1)}\rangle &= \sum_{m \neq n} \frac{V_{mn}}{E_n^{(0)} - E_m^{(0)}} |m^{(0)}\rangle
 \end{aligned}$$

핵심 생각 정확히 풀기 어려운 Hamiltonian을 작은 변화로 확장한다.

예시 예시: 물리계의 대칭을 먼저 찾으면 보존량, 양자수, 허용 전이가 함께 정리된다.

주의 상대론, 양자, 고전 근사가 적용되는 에너지와 길이 스케일을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

17.9 산란

난이도: 대학-연구자
태그: modern physics

카드: 186/530

$$f(\theta, \phi) = -\frac{2m}{4\pi\hbar^2} \int e^{-i\mathbf{q}\cdot\mathbf{r}} V(\mathbf{r}) d^3r \quad \text{Born}$$

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = |f(\theta, \phi)|^2$$

$$\sigma_{\text{tot}} = \frac{4\pi}{k} \text{Im} f(0)$$

$$S = I + iT$$

핵심 생각 산란은 입사파가 퍼텐셜을 만나 방향과 위상이 바뀌는 과정이다.

예시 예시: 물리계의 대칭을 먼저 찾으면 보존량, 양자수, 허용 전이가 함께 정리된다.

주의 상대론, 양자, 고전 근사가 적용되는 에너지와 길이 스케일을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

17.10 밀도행렬

난이도: 대학-연구자
태그: modern physics

카드: 187/530

$$\begin{aligned}\rho &= \sum_i p_i |\psi_i\rangle \langle \psi_i| \\ \langle A \rangle &= \text{tr}(\rho A) \\ i\hbar \dot{\rho} &= [H, \rho] \\ S &= -k_B \text{tr}(\rho \ln \rho)\end{aligned}$$

핵심 생각 혼합상태와 부분계는 밀도행렬로 다룬다.

예시 예시: 물리계의 대칭을 먼저 찾으면 보존량, 양자수, 허용 전이가 함께 정리된다.

주의 상대론, 양자, 고전 근사가 적용되는 에너지와 길이 스케일을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

17.11 양자장론 기본

난이도: 대학-연구자
태그: modern physics

카드: 188/530

$$\begin{aligned}\mathcal{Z}[J] &= \int \mathcal{D}\phi e^{\frac{i}{\hbar} \int (\mathcal{L} + J\phi) d^4x} \\ \langle 0|T\phi(x)\phi(y)|0\rangle &= \frac{1}{i} \frac{\delta^2 \ln Z}{\delta J(x)\delta J(y)} \\ (\square + m^2)\phi &= 0 \\ [\phi(t, \mathbf{x}), \pi(t, \mathbf{y})] &= i\hbar\delta^3(\mathbf{x} - \mathbf{y})\end{aligned}$$

핵심 생각 입자와 장은 양자화된 자유도라는 하나의 틀로 묶인다.

예시 예시: 물리계의 대칭을 먼저 찾으면 보존량, 양자수, 허용 전이가 함께 정리된다.

주의 상대론, 양자, 고전 근사가 적용되는 에너지와 길이 스케일을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

17.12 Dirac 방정식

난이도: 대학-연구자
태그: modern physics

카드: 189/530

$$\begin{aligned}(i\hbar c\gamma^\mu\partial_\mu - mc^2)\psi &= 0 \\ \{\gamma^\mu, \gamma^\nu\} &= 2\eta^{\mu\nu} \\ j^\mu &= c\bar{\psi}\gamma^\mu\psi \\ E^2 &= p^2c^2 + m^2c^4\end{aligned}$$

핵심 생각 스핀 1/2 입자의 상대론적 파동방정식이다.

예시 예시: 물리계의 대칭을 먼저 찾으면 보존량, 양자수, 허용 전이가 함께 정리된다.

주의 상대론, 양자, 고전 근사가 적용되는 에너지와 길이 스케일을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

17.13 고체 물리

난이도: 대학-연구자
태그: modern physics

카드: 190/530

$$\begin{aligned}\psi_{n\mathbf{k}}(\mathbf{r}) &= e^{i\mathbf{k}\cdot\mathbf{r}} u_{n\mathbf{k}}(\mathbf{r}) \\ E_n(\mathbf{k}) &\text{ band structure} \\ \mathbf{v}_n &= \frac{1}{\hbar} \nabla_{\mathbf{k}} E_n \\ m_{ij}^{*-1} &= \frac{1}{\hbar^2} \frac{\partial^2 E}{\partial k_i \partial k_j}\end{aligned}$$

핵심 생각 주기 퍼텐셜에서는 Bloch 정리가 전자 상태를 분류한다.

예시 예시: 물리계의 대칭을 먼저 찾으면 보존량, 양자수, 허용 전이가 함께 정리된다.

주의 상대론, 양자, 고전 근사가 적용되는 에너지와 길이 스케일을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

17.14 초전도 BCS

난이도: 대학-연구자
태그: modern physics

카드: 191/530

$$2\Delta(0) \approx 3.52k_B T_c$$

$$\xi_0 = \frac{\hbar v_F}{\pi \Delta}$$

$$\lambda_L^2 = \frac{m}{\mu_0 n_s e^2}$$

$$\mathbf{J}_s = -\frac{n_s e^2}{m} \mathbf{A}$$

핵심 생각 초전도는 Cooper pair의 응축과 에너지 gap으로 특징지어진다.

예시 예시: 물리계의 대칭을 먼저 찾으면 보존량, 양자수, 허용 전이가 함께 정리된다.

주의 상대론, 양자, 고전 근사가 적용되는 에너지와 길이 스케일을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

17.15 플라즈마

난이도: 대학-연구자
태그: modern physics

카드: 192/530

$$\begin{aligned}\omega_p &= \sqrt{\frac{ne^2}{\epsilon_0 m_e}} \\ \lambda_D &= \sqrt{\frac{\epsilon_0 k_B T_e}{ne^2}} \\ \rho_L &= \frac{mv_\perp}{|q|B} \\ \beta &= \frac{2\mu_0 p}{B^2}\end{aligned}$$

핵심 생각 플라즈마에서는 집단 전기장과 자기장이 입자 운동을 지배한다.

예시 예시: 물리계의 대칭을 먼저 찾으면 보존량, 양자수, 허용 전이가 함께 정리된다.

주의 상대론, 양자, 고전 근사가 적용되는 에너지와 길이 스케일을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

17.16 핵물리와 붕괴

난이도: 대학-연구자
태그: modern physics

카드: 193/530

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

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

$$Q = (m_i - m_f)c^2$$

$$R \approx r_0 A^{1/3}$$

핵심 생각 방사성 붕괴와 핵반응은 에너지 보존과 확률 과정으로 다룬다.

예시 예시: 물리계의 대칭을 먼저 찾으면 보존량, 양자수, 허용 전이가 함께 정리된다.

주의 상대론, 양자, 고전 근사가 적용되는 에너지와 길이 스케일을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

17.17 입자물리 표준모형 개요

난이도: 대학-연구자
태그: modern physics

카드: 194/530

$$\begin{aligned}\mathcal{L}_{\text{SM}} &= \mathcal{L}_{\text{gauge}} + \mathcal{L}_{\text{fermion}} + \mathcal{L}_{\text{Higgs}} + \mathcal{L}_{\text{Yukawa}} \\ D_\mu &= \partial_\mu + igA_\mu^a T^a \\ F_{\mu\nu}^a &= \partial_\mu A_\nu^a - \partial_\nu A_\mu^a + gf^{abc}A_\mu^b A_\nu^c \\ m_f &= y_f v / \sqrt{2}\end{aligned}$$

핵심 생각 표준모형은 게이지 대칭과 Higgs 메커니즘에 기반한다.

예시 예시: 물리계의 대칭을 먼저 찾으면 보존량, 양자수, 허용 전이가 함께 정리된다.

주의 상대론, 양자, 고전 근사가 적용되는 에너지와 길이 스케일을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

17.18 우주론

난이도: 대학-연구자
태그: modern physics

카드: 195/530

$$H^2 = \left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3}\rho - \frac{kc^2}{a^2} + \frac{\Lambda c^2}{3}$$

$$\dot{\rho} + 3H(\rho + p/c^2) = 0$$

$$1 + z = a_0/a$$

$$d_L = (1 + z)r$$

핵심 생각 균질하고 등방적인 우주는 scale factor로 기술된다.

예시 예시: 물리계의 대칭을 먼저 찾으면 보존량, 양자수, 허용 전이가 함께 정리된다.

주의 상대론, 양자, 고전 근사가 적용되는 에너지와 길이 스케일을 구분한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Part V

V. 화학 공식 백과

Chapter 18

일반화학과 물리화학 기초

18.1 물과 화학량론

난이도: 고등-대학
태그: chemistry

카드: 196/530

$$n = \frac{m}{M}$$

$$N = nN_A$$

$$c = \frac{n}{V}$$

$$\text{yield} = \frac{\text{actual}}{\text{theoretical}} \times 100$$

핵심 생각 화학 반응 계산은 몰수 비로 시작한다.

예시 예시: 반응식을 먼저 균형 맞춘 뒤 몰수, 제한 반응물, 열역학 또는 속도식을 적용한다.

주의 농도 대신 활동도를 써야 하는 조건을 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

18.2 원자 구조

난이도: 고등-대학
태그: chemistry

카드: 197/530

$$E_n = -\frac{13.6 \text{ eV}}{n^2} \quad \text{hydrogen}$$

$$\lambda^{-1} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$l = 0, 1, \dots, n-1$$

$$m_l = -l, \dots, l$$

핵심 생각 원자 스펙트럼은 양자화된 에너지 차이에서 나온다.

예시 예시: 반응식을 먼저 균형 맞춘 뒤 몰수, 제한 반응물, 열역학 또는 속도식을 적용한다.

주의 농도 대신 활동도를 써야 하는 조건을 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

18.3 전자배치와 유효핵전하

난이도: 고등-대학
태그: chemistry

카드: 198/530

$$Z_{\text{eff}} = Z - S$$

$$E \sim -\frac{Z_{\text{eff}}^2}{n^2}$$

Aufbau : fill lower energy orbitals

Pauli : two electrons per orbital with opposite spin

핵심 생각 전자배치는 주기율과 결합 경향을 설명한다.

예시 예시: 반응식을 먼저 균형 맞춘 뒤 몰수, 제한 반응물, 열역학 또는 속도식을 적용한다.

주의 농도 대신 활동도를 써야 하는 조건을 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

18.4 이상기체와 혼합기체

난이도: 고등-대학
태그: chemistry

카드: 199/530

$$pV = nRT$$

$$p_i = y_i p$$

$$y_i = \frac{n_i}{\sum_j n_j}$$

$$\bar{M} = \sum_i y_i M_i$$

핵심 생각 기체 혼합물은 부분압과 몰분율로 계산한다.

예시 예시: 반응식을 먼저 균형 맞춘 뒤 몰수, 제한 반응물, 열역학 또는 속도식을 적용한다.

주의 농도 대신 활동도를 써야 하는 조건을 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

18.5 실제기체

난이도: 고등-대학
태그: chemistry

카드: 200/530

$$Z = \frac{pV_m}{RT}$$

$$\left(p + \frac{a}{V_m^2}\right)(V_m - b) = RT$$

$$B(T) = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{Z - 1}{p}$$

$$T_r = T/T_c, \quad p_r = p/p_c$$

핵심 생각 실제기체는 분자 간 인력과 배제부피 때문에 이상기체에서 벗어난다.

예시 예시: 반응식을 먼저 균형 맞춘 뒤 몰수, 제한 반응물, 열역학 또는 속도식을 적용한다.

주의 농도 대신 활동도를 써야 하는 조건을 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

18.6 용액 농도

난이도: 고등-대학
태그: chemistry

카드: 201/530

$$M = \frac{n_{solute}}{V_{solution}}$$

$$m = \frac{n_{solute}}{kg_{solvent}}$$

$$x_i = \frac{n_i}{\sum_j n_j}$$

$$w_i = \frac{m_i}{\sum_j m_j}$$

핵심 생각 농도 단위는 상황에 따라 부피 기준, 질량 기준, 몰 기준이 달라진다.

예시 예시: 반응식을 먼저 균형 맞춘 뒤 몰수, 제한 반응물, 열역학 또는 속도식을 적용한다.

주의 농도 대신 활동도를 써야 하는 조건을 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

18.7 묶은 용액 총괄성

난이도: 고등-대학
태그: chemistry

카드: 202/530

$$\Delta T_b = iK_b m$$

$$\Delta T_f = iK_f m$$

$$\Pi = iMRT$$

$$p_A = x_A p_A^*$$

핵심 생각 총괄성은 용질 종류보다 입자 수에 주로 의존한다.

예시 예시: 반응식을 먼저 균형 맞춘 뒤 몰수, 제한 반응물, 열역학 또는 속도식을 적용한다.

주의 농도 대신 활동도를 써야 하는 조건을 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

18.8 열화학

난이도: 고등-대학
태그: chemistry

카드: 203/530

$$\begin{aligned}q_p &= \Delta H \\q_v &= \Delta U \\\Delta H_{rxn}^\circ &= \sum \nu_p \Delta H_f^\circ(p) - \sum \nu_r \Delta H_f^\circ(r) \\\Delta H(T_2) &= \Delta H(T_1) + \int_{T_1}^{T_2} \Delta C_p dT\end{aligned}$$

핵심 생각 반응열은 상태함수 차이로 계산한다.

예시 예시: 반응식을 먼저 균형 맞춘 뒤 몰수, 제한 반응물, 열역학 또는 속도식을 적용한다.

주의 농도 대신 활동도를 써야 하는 조건을 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

18.9 엔트로피와 Gibbs 에너지

난이도: 고등-대학
태그: chemistry

카드: 204/530

$$\Delta S = \int \frac{\delta q_{rev}}{T}$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$dG = Vdp - SdT$$

$$\Delta G < 0 \Rightarrow \text{spontaneous at } T, p$$

핵심 생각 Gibbs 에너지는 일정 온도와 압력에서 자발성을 판단한다.

예시 예시: 반응식을 먼저 균형 맞춘 뒤 몰수, 제한 반응물, 열역학 또는 속도식을 적용한다.

주의 농도 대신 활동도를 써야 하는 조건을 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

18.10 화학평형

난이도: 고등-대학
태그: chemistry

카드: 205/530

$$K = \prod_i a_i^{\nu_i}$$

$$\Delta_r G = \Delta_r G^\circ + RT \ln Q$$

$$\Delta_r G^\circ = -RT \ln K$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

핵심 생각 평형은 반응지수 Q 와 평형상수 K 의 비교로 판단한다.

예시 예시: 반응식을 먼저 균형 맞춘 뒤 몰수, 제한 반응물, 열역학 또는 속도식을 적용한다.

주의 농도 대신 활동도를 써야 하는 조건을 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

18.11 산과 염기

난이도: 고등-대학
태그: chemistry

카드: 206/530

$$K_a = \frac{a_{H^+} a_{A^-}}{a_{HA}}$$

$$pH = -\log_{10} a_{H^+}$$

$$pK_a = -\log_{10} K_a$$

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

핵심 생각 완충용액은 Henderson-Hasselbalch 식으로 빠르게 해석한다.

예시 예시: 반응식을 먼저 균형 맞춘 뒤 몰수, 제한 반응물, 열역학 또는 속도식을 적용한다.

주의 농도 대신 활동도를 써야 하는 조건을 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

18.12 용해도 평형

난이도: 고등-대학
태그: chemistry

카드: 207/530

$$K_{sp} = \prod_i a_i^{\nu_i}$$

$Q_{sp} > K_{sp} \Rightarrow$ precipitation
 s from stoichiometry
 γ_i activity coefficient

핵심 생각 침전 여부는 이온곱과 용해도곱의 비교로 판단한다.

예시 예시: 반응식을 먼저 균형 맞춘 뒤 몰수, 제한 반응물, 열역학 또는 속도식을 적용한다.

주의 농도 대신 활동도를 써야 하는 조건을 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

18.13 전기화학

난이도: 고등-대학
태그: chemistry

카드: 208/530

$$\Delta G = -nFE$$

$$E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln Q$$

$$E = E^\circ - \frac{0.05916}{n} \log Q \quad (25^\circ\text{C})$$

$$q = It$$

핵심 생각 전위는 화학 반응의 Gibbs 에너지와 직접 연결된다.

예시 예시: 반응식을 먼저 균형 맞춘 뒤 몰수, 제한 반응물, 열역학 또는 속도식을 적용한다.

주의 농도 대신 활동도를 써야 하는 조건을 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

18.14 화학반응속도

난이도: 고등-대학
태그: chemistry

카드: 209/530

$$r = -\frac{1}{\nu_A} \frac{d[A]}{dt}$$

$$r = k[A]^m[B]^n$$

$$k = Ae^{-E_a/(RT)}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} \quad \text{first order}$$

핵심 생각 속도식은 반응차수와 활성화 에너지를 실험적으로 드러낸다.

예시 예시: 반응식을 먼저 균형 맞춘 뒤 몰수, 제한 반응물, 열역학 또는 속도식을 적용한다.

주의 농도 대신 활동도를 써야 하는 조건을 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

18.15 반응 메커니즘

난이도: 고등-대학
태그: chemistry

카드: 210/530

rate law from slow elementary step

$$K = k_f / k_r \quad \text{elementary reversible}$$

$$\frac{d[I]}{dt} \approx 0 \quad \text{steady state}$$

$$E_a = -R \frac{d \ln k}{d(1/T)}$$

핵심 생각 중간체 농도는 정상상태 근사로 제거하는 경우가 많다.

예시 예시: 반응식을 먼저 균형 맞춘 뒤 몰수, 제한 반응물, 열역학 또는 속도식을 적용한다.

주의 농도 대신 활동도를 써야 하는 조건을 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 19

고급화학, 분석, 재료화학

19.1 양자화학: Born-Oppenheimer

난이도: 대학-연구자
태그: advanced chemistry

카드: 211/530

$$\hat{H}\Psi(\mathbf{r}, \mathbf{R}) = E\Psi(\mathbf{r}, \mathbf{R})$$

$$\Psi(\mathbf{r}, \mathbf{R}) \approx \psi_e(\mathbf{r}; \mathbf{R})\chi_n(\mathbf{R})$$

$$\hat{H}_e\psi_e = E_e(\mathbf{R})\psi_e$$

$$V_{\text{PES}}(\mathbf{R}) = E_e(\mathbf{R}) + V_{nn}$$

핵심 생각 전자와 핵의 질량 차이를 이용해 운동을 분리한다.

예시 예시: 스펙트럼을 해석할 때는 에너지 준위, 선택규칙, 선폭 요인을 함께 본다.

주의 활동도, 표준상태, 근사모형의 한계를 항상 적는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

19.2 Hartree-Fock

난이도: 대학-연구자
태그: advanced chemistry

카드: 212/530

$$\Psi = \frac{1}{\sqrt{N!}} \det[\chi_i(x_j)]$$

$$\hat{F}\chi_i = \epsilon_i \chi_i$$

$$E_{HF} = \sum_i h_{ii} + \frac{1}{2} \sum_{ij} (J_{ij} - K_{ij})$$

$$\hat{F} = \hat{h} + \sum_j (\hat{J}_j - \hat{K}_j)$$

핵심 생각 평균장과 antisymmetry를 포함한 전자구조 근사다.

예시 예시: 스펙트럼을 해석할 때는 에너지 준위, 선택규칙, 선향 요인을 함께 본다.

주의 활동도, 표준상태, 근사모형의 한계를 항상 적는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

19.3 DFT

난이도: 대학-연구자
태그: advanced chemistry

카드: 213/530

$$E[\rho] = T_s[\rho] + \int v_{ext}\rho d\mathbf{r} + J[\rho] + E_{xc}[\rho]$$

$$\left[-\frac{1}{2}\nabla^2 + v_{eff}(\mathbf{r}) \right] \phi_i = \epsilon_i \phi_i$$

$$\rho(\mathbf{r}) = \sum_i^{occ} |\phi_i(\mathbf{r})|^2$$

$$v_{xc} = \frac{\delta E_{xc}}{\delta \rho}$$

핵심 생각 DFT는 파동함수 대신 전자밀도를 기본 변수로 사용한다.

예시 예시: 스펙트럼을 해석할 때는 에너지 준위, 선택규칙, 선폭 요인을 함께 본다.

주의 활동도, 표준상태, 근사모형의 한계를 항상 적는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

19.4 분자궤도와 Hückel

난이도: 대학-연구자
태그: advanced chemistry

카드: 214/530

$$\Psi = \sum_i c_i \phi_i$$

$$HC = ESC$$

$$\det(H - ES) = 0$$

$$E = \alpha + \lambda\beta \quad \text{Huckel}$$

핵심 생각 분자궤도는 원자궤도 선형결합으로 근사한다.

예시 예시: 스펙트럼을 해석할 때는 에너지 준위, 선택규칙, 선폭 요인을 함께 본다.

주의 활동도, 표준상태, 근사모형의 한계를 항상 적는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

19.5 분자 진동

난이도: 대학-연구자
태그: advanced chemistry

카드: 215/530

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{k/\mu}$$

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$$

$$E_v = \hbar \omega (v + 1/2)$$

$$\tilde{\nu} = \nu/c$$

핵심 생각 IR와 Raman 스펙트럼은 분자의 정상진동을 보여준다.

예시 예시: 스펙트럼을 해석할 때는 에너지 준위, 선택규칙, 선폭 요인을 함께 본다.

주의 활동도, 표준상태, 근사모형의 한계를 항상 적는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

19.6 회전 스펙트럼

난이도: 대학-연구자
태그: advanced chemistry

카드: 216/530

$$E_J = BJ(J + 1)$$

$$B = \frac{h}{8\pi^2 Ic}$$

$$\Delta J = \pm 1$$

$$I = \mu r_e^2$$

핵심 생각 분자 회전선은 관성모멘트와 결합길이를 알려준다.

예시 예시: 스펙트럼을 해석할 때는 에너지 준위, 선택규칙, 선폭 요인을 함께 본다.

주의 활동도, 표준상태, 근사모형의 한계를 항상 적는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

19.7 전자 전이와 Franck-Condon

난이도: 대학-연구자
태그: advanced chemistry

카드: 217/530

$$I_{v'v''} \propto |\langle \chi_{v'} | \chi_{v''} \rangle|^2$$

$$\Delta E = h\nu$$

$$A_{21} \propto \nu^3 |\mu_{21}|^2$$

vertical transition : **R** nearly fixed

핵심 생각 전자 전이는 핵 위치가 거의 고정된 상태에서 일어난다.

예시 예시: 스펙트럼을 해석할 때는 에너지 준위, 선택규칙, 선폭 요인을 함께 본다.

주의 활동도, 표준상태, 근사모형의 한계를 항상 적는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

19.8 군론과 선택규칙

난이도: 대학-연구자
태그: advanced chemistry

카드: 218/530

$$\Gamma_{initial} \otimes \Gamma_{operator} \otimes \Gamma_{final} \supset A_1$$

μ_x, μ_y, μ_z transform as coordinates

α_{ij} Raman tensor

$$\chi^{(red)} = \frac{1}{h} \sum_R \chi(R) \chi^{(irrep)}(R)^*$$

핵심 생각 분자의 대칭은 전이가 허용되는지 금지되는지 결정한다.

예시 예시: 스펙트럼을 해석할 때는 에너지 준위, 선택규칙, 선폭 요인을 함께 본다.

주의 활동도, 표준상태, 근사모형의 한계를 항상 적는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

19.9 통계열역학

난이도: 대학-연구자
태그: advanced chemistry

카드: 219/530

$$q = \sum_i e^{-\beta \epsilon_i}$$

$$Q = \frac{q^N}{N!} \quad \text{ideal gas}$$

$$U = k_B T^2 \left(\frac{\partial \ln Q}{\partial T} \right)_V$$

$$S = k_B (\ln Q + T \partial_T \ln Q)$$

핵심 생각 분자 분배함수에서 거시 열역학을 계산한다.

예시 예시: 스펙트럼을 해석할 때는 에너지 준위, 선택규칙, 선폭 요인을 함께 본다.

주의 활동도, 표준상태, 근사모형의 한계를 항상 적는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

19.10 흡착 등온식

난이도: 대학-연구자
태그: advanced chemistry

카드: 220/530

$$\theta = \frac{KP}{1 + KP} \quad \text{Langmuir}$$

$$q = q_{max}\theta$$

$$\frac{x}{m} = KP^{1/n} \quad \text{Freundlich}$$

$$r_{ads} = k_a P(1 - \theta)$$

핵심 생각 표면 자리의 점유율이 흡착량을 결정한다.

예시 예시: 스펙트럼을 해석할 때는 에너지 준위, 선택규칙, 선폭 요인을 함께 본다.

주의 활동도, 표준상태, 근사모형의 한계를 항상 적는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

19.11 촉매와 Michaelis-Menten

난이도: 대학-연구자
태그: advanced chemistry

카드: 221/530



$$v = \frac{V_{max}[S]}{K_M + [S]}$$

$$K_M = \frac{k_{-1} + k_2}{k_1}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{K_M}{V_{max}} \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{max}}$$

핵심 생각 효소 반응은 포화와 정상상태 근사로 해석된다.

예시 예시: 스펙트럼을 해석할 때는 에너지 준위, 선택규칙, 선폭 요인을 함께 본다.

주의 활동도, 표준상태, 근사모형의 한계를 항상 적는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

19.12 고분자

난이도: 대학-연구자
태그: advanced chemistry

카드: 222/530

$$DP_n = \frac{M_n}{M_0}$$

$$PDI = \frac{M_w}{M_n}$$

$$R_g \sim aN^\nu$$

$$\eta \sim M^a$$

핵심 생각 고분자 성질은 사슬 길이 분포와 사슬 통계에 강하게 의존한다.

예시 예시: 스펙트럼을 해석할 때는 에너지 준위, 선택규칙, 선폭 요인을 함께 본다.

주의 활동도, 표준상태, 근사모형의 한계를 항상 적는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

19.13 결정과 Bragg 법칙

난이도: 대학-연구자
태그: advanced chemistry

카드: 223/530

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

$$\mathbf{k}' - \mathbf{k} = \mathbf{G}$$

$$d_{hkl}^{-2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} \quad \text{cubic}$$

$$F_{hkl} = \sum_j f_j e^{2\pi i(hx_j + ky_j + lz_j)}$$

핵심 생각 XRD는 reciprocal lattice와 산란 조건으로 해석한다.

예시 예시: 스펙트럼을 해석할 때는 에너지 준위, 선택규칙, 선폭 요인을 함께 본다.

주의 활동도, 표준상태, 근사모형의 한계를 항상 적는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

19.14 결함과 확산

난이도: 대학-연구자
태그: advanced chemistry

카드: 224/530

$$\begin{aligned}J &= -D\nabla c \\ \partial_t c &= D\nabla^2 c \\ D &= D_0 e^{-Q/(RT)} \\ \langle x^2 \rangle &= 2Dt \quad 1D\end{aligned}$$

핵심 생각 확산은 농도 구배와 열활성화 과정으로 설명된다.

예시 예시: 스펙트럼을 해석할 때는 에너지 준위, 선택규칙, 선폭 요인을 함께 본다.

주의 활동도, 표준상태, 근사모형의 한계를 항상 적는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

19.15 상평형과 Gibbs phase rule

난이도: 대학-연구자
태그: advanced chemistry

카드: 225/530

$$F = C - P + 2$$

$$\mu_i^\alpha = \mu_i^\beta$$

$$dG = Vdp - SdT + \sum_i \mu_i dn_i$$

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H}{T\Delta V} \quad \text{Clapeyron}$$

핵심 생각 상평형은 화학퍼텐셜이 같아지는 조건이다.

예시 예시: 스펙트럼을 해석할 때는 에너지 준위, 선택규칙, 선폭 요인을 함께 본다.

주의 활동도, 표준상태, 근사모형의 한계를 항상 적는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

19.16 분석화학: Beer-Lambert

난이도: 대학-연구자
태그: advanced chemistry

카드: 226/530

$$A = \epsilon lc$$

$$T = I/I_0$$

$$A = -\log_{10} T$$

$$c = A/(\epsilon l)$$

핵심 생각 흡광도는 농도와 광로 길이에 비례한다.

예시 예시: 스펙트럼을 해석할 때는 에너지 준위, 선택규칙, 선폭 요인을 함께 본다.

주의 활동도, 표준상태, 근사모형의 한계를 항상 적는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

19.17 크로마토그래피

난이도: 대학-연구자
태그: advanced chemistry

카드: 227/530

$$k' = \frac{t_R - t_M}{t_M}$$

$$\alpha = \frac{k'_2}{k'_1}$$

$$N = 16 \left(\frac{t_R}{w} \right)^2$$

$$R_s = \frac{2(t_{R2} - t_{R1})}{w_1 + w_2}$$

핵심 생각 분리능은 머무름, 선택성, plate 수로 조절된다.

예시 예시: 스펙트럼을 해석할 때는 에너지 준위, 선택규칙, 선폭 요인을 함께 본다.

주의 활동도, 표준상태, 근사모형의 한계를 항상 적는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

19.18 질량분석

난이도: 대학-연구자
태그: advanced chemistry

카드: 228/530

$$m/z = \frac{B^2 r^2 q}{2V} \quad \text{magnetic sector}$$

$$\omega_c = \frac{qB}{m}$$

$$R = \frac{m}{\Delta m}$$

$$I \propto \text{ion abundance}$$

핵심 생각 질량분석은 질량 대 전하비를 측정한다.

예시 예시: 스펙트럼을 해석할 때는 에너지 준위, 선택규칙, 선폭 요인을 함께 본다.

주의 활동도, 표준상태, 근사모형의 한계를 항상 적는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

19.19 NMR

난이도: 대학-연구자
태그: advanced chemistry

카드: 229/530

$$\omega_0 = \gamma B_0$$

$$\Delta E = \hbar \omega_0$$

$$\delta = \frac{\nu - \nu_{ref}}{\nu_{ref}} 10^6$$

$$M_z(t) = M_0(1 - e^{-t/T_1})$$

핵심 생각 NMR은 핵스핀의 자기공명으로 분자 환경을 읽는다.

예시 예시: 스펙트럼을 해석할 때는 에너지 준위, 선택규칙, 선폭 요인을 함께 본다.

주의 활동도, 표준상태, 근사모형의 한계를 항상 적는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

19.20 전산화학 분자동역학

난이도: 대학-연구자
태그: advanced chemistry

카드: 230/530

$$m_i \ddot{\mathbf{r}}_i = -\nabla_i U(\mathbf{r}_1, \dots, \mathbf{r}_N)$$

$$U = \sum k_b(b - b_0)^2 + \sum k_\theta(\theta - \theta_0)^2 + \sum 4\epsilon[(\sigma/r)^{12} - (\sigma/r)^6] + \sum \frac{q_i q_j}{4\pi\epsilon_0 r_{ij}}$$

$$\langle A \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T A(t) dt$$

$$g(r) = \frac{1}{4\pi r^2 \rho} \frac{dn}{dr}$$

핵심 생각 분자동역학은 원자힘장으로 시간에 따른 미시 운동을 계산한다.

예시 예시: 스펙트럼을 해석할 때는 에너지 준위, 선택규칙, 선폭 요인을 함께 본다.

주의 활동도, 표준상태, 근사모형의 한계를 항상 적는다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Part VI

VI. 공학 공식 백과

Chapter 20

전기전자공학

20.1 Ohm 법칙과 전력

난이도: 고등-대학원
태그: electrical engineering

카드: 231/530

$$v = iR$$

$$p = vi = i^2 R = \frac{v^2}{R}$$

$$G = 1/R$$

$$E = \int p(t)dt$$

핵심 생각 저항 회로의 기본은 전압, 전류, 전력의 관계다.

예시 예시: 전자회로는 DC 동작점, 소신호 모델, 주파수 응답 순서로 분석하면 안정적이다.

주의 lumped 근사가 가능한 주파수와 물리 크기를 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

20.2 Kirchhoff 법칙

난이도: 고등-대학원
태그: electrical engineering

카드: 232/530

$$\sum_{\text{node}} i_k = 0$$

$$\sum_{\text{loop}} v_k = 0$$

$$A\mathbf{i} = 0$$

$$B\mathbf{v} = 0$$

핵심 생각 KCL은 전하 보존, KVL은 전기장 보존 근사의 회로 표현이다.

예시 예시: 전자회로는 DC 동작점, 소신호 모델, 주파수 응답 순서로 분석하면 안정적이다.

주의 lumped 근사가 가능한 주파수와 물리 크기를 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

20.3 RC 회로

난이도: 고등-대학원
태그: electrical engineering

카드: 233/530

$$\begin{aligned}\tau &= RC \\ v_C(t) &= V_f + (V_0 - V_f)e^{-t/RC} \\ i_C &= C \frac{dv_C}{dt} \\ Z_C &= \frac{1}{j\omega C}\end{aligned}$$

핵심 생각 커패시터 전압은 순간적으로 바뀌기 어렵다.

예시 예시: 전자회로는 DC 동작점, 소신호 모델, 주파수 응답 순서로 분석하면 안정적이다.

주의 lumped 근사가 가능한 주파수와 물리 크기를 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

20.4 RL 회로

난이도: 고등-대학원
태그: electrical engineering

카드: 234/530

$$\tau = L/R$$

$$i_L(t) = I_f + (I_0 - I_f)e^{-Rt/L}$$

$$v_L = L \frac{di_L}{dt}$$

$$Z_L = j\omega L$$

핵심 생각 인덕터 전류는 순간적으로 바뀌기 어렵다.

예시 예시: 전자회로는 DC 동작점, 소신호 모델, 주파수 응답 순서로 분석하면 안정적이다.

주의 lumped 근사가 가능한 주파수와 물리 크기를 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

20.5 RLC 공진

난이도: 고등-대학원
태그: electrical engineering

카드: 235/530

$$\begin{aligned}\omega_0 &= \frac{1}{\sqrt{LC}} \\ Q_s &= \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 RC} \\ Z_s &= R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \\ BW &= \frac{\omega_0}{Q}\end{aligned}$$

핵심 생각 RLC 회로는 전기적 조화진동자다.

예시 예시: 전자회로는 DC 동작점, 소신호 모델, 주파수 응답 순서로 분석하면 안정적이다.

주의 lumped 근사가 가능한 주파수와 물리 크기를 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

20.6 Thevenin과 Norton

난이도: 고등-대학원
태그: electrical engineering

카드: 236/530

$$V_{th} = V_{oc}$$

$$R_{th} = \frac{V_{oc}}{I_{sc}}$$

$$I_N = I_{sc}$$

$$R_N = R_{th}$$

핵심 생각 복잡한 선형 회로를 단일 전압원 또는 전류원으로 등가화한다.

예시 예시: 전자회로는 DC 동작점, 소신호 모델, 주파수 응답 순서로 분석하면 안정적이다.

주의 lumped 근사가 가능한 주파수와 물리 크기를 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

20.7 AC 전력

난이도: 고등-대학원
태그: electrical engineering

카드: 237/530

$$S = VI^*$$

$$P = VI \cos \phi$$

$$Q = VI \sin \phi$$

$$\text{pf} = \cos \phi$$

핵심 생각 복소전력은 유효전력과 무효전력을 한 번에 나타낸다.

예시 예시: 전자회로는 DC 동작점, 소신호 모델, 주파수 응답 순서로 분석하면 안정적이다.

주의 lumped 근사가 가능한 주파수와 물리 크기를 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

20.8 2-port network

난이도: 고등-대학원
태그: electrical engineering

카드: 238/530

$$\begin{pmatrix} V_1 \\ I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_2 \\ -I_2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix}$$

$$S_{11} = \Gamma$$

$$P_{del} = P_{inc}(1 - |\Gamma|^2)$$

핵심 생각 2포트는 증폭기, 필터, 전송선 블록을 표준화한다.

예시 예시: 전자회로는 DC 동작점, 소신호 모델, 주파수 응답 순서로 분석하면 안정적이다.

주의 lumped 근사가 가능한 주파수와 물리 크기를 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

20.9 전송선

난이도: 고등-대학원
태그: electrical engineering

카드: 239/530

$$\begin{aligned}\frac{\partial v}{\partial z} &= -Ri - L \frac{\partial i}{\partial t} \\ \frac{\partial i}{\partial z} &= -Gv - C \frac{\partial v}{\partial t} \\ Z_0 &= \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \\ \Gamma_L &= \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}\end{aligned}$$

핵심 생각 선로 길이가 파장에 비해 크면 분포정수 회로가 필요하다.

예시 예시: 전자회로는 DC 동작점, 소신호 모델, 주파수 응답 순서로 분석하면 안정적이다.

주의 lumped 근사가 가능한 주파수와 물리 크기를 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

20.10 Smith chart 핵심

난이도: 고등-대학원
태그: electrical engineering

카드: 240/530

$$z = Z_L / Z_0$$

$$\Gamma = \frac{z - 1}{z + 1}$$

$$z = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma}$$

$$\text{VSWR} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

핵심 생각 반사계수 평면에서 임피던스 정합을 시각화한다.

예시 예시: 전자회로는 DC 동작점, 소신호 모델, 주파수 응답 순서로 분석하면 안정적이다.

주의 lumped 근사가 가능한 주파수와 물리 크기를 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

20.11 다이오드

난이도: 고등-대학원
태그: electrical engineering

카드: 241/530

$$I = I_S(e^{V_D/(nV_T)} - 1)$$

$$V_T = k_B T / q$$

$$r_d \approx \frac{nV_T}{I_D}$$

$$I_S \propto T^3 e^{-E_g/(k_B T)}$$

핵심 생각 PN 접합은 비선형 지수 I-V 특성을 가진다.

예시 예시: 전자회로는 DC 동작점, 소신호 모델, 주파수 응답 순서로 분석하면 안정적이다.

주의 lumped 근사가 가능한 주파수와 물리 크기를 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

20.12 BJT

난이도: 고등-대학원
태그: electrical engineering

카드: 242/530

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_C = I_S e^{V_{BE}/V_T}$$

$$g_m = I_C/V_T$$

$$r_\pi = \beta/g_m$$

핵심 생각 BJT는 베이스-에미터 전압이 컬렉터 전류를 지수적으로 제어한다.

예시 예시: 전자회로는 DC 동작점, 소신호 모델, 주파수 응답 순서로 분석하면 안정적이다.

주의 lumped 근사가 가능한 주파수와 물리 크기를 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

20.13 MOSFET 장채널

난이도: 고등-대학원
태그: electrical engineering

카드: 243/530

$$I_D = \mu C_{ox} \frac{W}{L} [(V_{GS} - V_T)V_{DS} - \frac{1}{2}V_{DS}^2]$$

$$I_{D,sat} = \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_T)^2$$

$$g_m = \frac{2I_D}{V_{OV}}$$

$$r_o \approx \frac{1}{\lambda I_D}$$

핵심 생각 MOSFET은 전계가 채널 전도도를 제어한다.

예시 예시: 전자회로는 DC 동작점, 소신호 모델, 주파수 응답 순서로 분석하면 안정적이다.

주의 lumped 근사가 가능한 주파수와 물리 크기를 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

20.14 Op amp 이상모델

난이도: 고등-대학원
태그: electrical engineering

카드: 244/530

$$\begin{aligned}v_o &= A(v_+ - v_-) \\A \rightarrow \infty &\Rightarrow v_+ \approx v_- \quad \text{negative feedback} \\i_+ &= i_- \approx 0 \\v_o &= -\frac{R_f}{R_{in}}v_i \quad \text{inverting}\end{aligned}$$

핵심 생각 이상 op amp는 가상단락과 입력전류 0으로 빠르게 해석한다.

예시 예시: 전자회로는 DC 동작점, 소신호 모델, 주파수 응답 순서로 분석하면 안정적이다.

주의 lumped 근사가 가능한 주파수와 물리 크기를 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

20.15 필터

난이도: 고등-대학원
태그: electrical engineering

카드: 245/530

$$H_{LP}(s) = \frac{1}{1 + sRC}$$

$$H_{HP}(s) = \frac{sRC}{1 + sRC}$$

$$\omega_c = 1/RC$$

$$|H(j\omega_c)| = 1/\sqrt{2}$$

핵심 생각 필터는 주파수별 이득과 위상을 설계한다.

예시 예시: 전자회로는 DC 동작점, 소신호 모델, 주파수 응답 순서로 분석하면 안정적이다.

주의 lumped 근사가 가능한 주파수와 물리 크기를 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

20.16 잡음

난이도: 고등-대학원
태그: electrical engineering

카드: 246/530

$$\begin{aligned}\overline{v_n^2} &= 4k_B T R \Delta f \\ i_{shot}^2 &= 2qI\Delta f \\ SNR &= P_s/P_n \\ NF &= \frac{SNR_{in}}{SNR_{out}}\end{aligned}$$

핵심 생각 전자회로의 한계는 열잡음과 shot noise에서 시작된다.

예시 예시: 전자회로는 DC 동작점, 소신호 모델, 주파수 응답 순서로 분석하면 안정적이다.

주의 lumped 근사가 가능한 주파수와 물리 크기를 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

20.17 ADC와 양자화

난이도: 고등-대학원
태그: electrical engineering

카드: 247/530

$$\Delta = \frac{V_{FS}}{2^N}$$

$$\sigma_q^2 = \frac{\Delta^2}{12}$$

$$SNR_{dB} \approx 6.02N + 1.76$$

$$f_s > 2B$$

핵심 생각 샘플링과 양자화는 아날로그 신호를 디지털 수열로 바꾼다.

예시 예시: 전자회로는 DC 동작점, 소신호 모델, 주파수 응답 순서로 분석하면 안정적이다.

주의 lumped 근사가 가능한 주파수와 물리 크기를 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

20.18 CMOS 동적전력

난이도: 고등-대학원
태그: electrical engineering

카드: 248/530

$$\begin{aligned}P_{dyn} &= \alpha C_L V_{DD}^2 f \\E_{switch} &= C_L V_{DD}^2 \\P_{leak} &= I_{leak} V_{DD} \\t_p &\sim \frac{C_L V_{DD}}{I_{on}}\end{aligned}$$

핵심 생각 디지털 회로 전력은 부하용량, 전압, 주파수에 강하게 의존한다.

예시 예시: 전자회로는 DC 동작점, 소신호 모델, 주파수 응답 순서로 분석하면 안정적이다.

주의 lumped 근사가 가능한 주파수와 물리 크기를 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

20.19 전력전자 buck

난이도: 고등-대학원
태그: electrical engineering

카드: 249/530

$$\begin{aligned}V_o &= DV_{in} \quad \text{ideal CCM} \\ \Delta i_L &= \frac{(V_{in} - V_o)DT_s}{L} \\ \Delta v_o &\approx \frac{\Delta i_L}{8f_s C} \\ \eta &= P_o/P_i\end{aligned}$$

핵심 생각 스위칭 컨버터는 듀티비로 평균 전압을 제어한다.

예시 예시: 전자회로는 DC 동작점, 소신호 모델, 주파수 응답 순서로 분석하면 안정적이다.

주의 lumped 근사가 가능한 주파수와 물리 크기를 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 21

신호, 제어, 통신

21.1 LTI 시스템

난이도: 대학-대학원
태그: signals control communication

카드: 250/530

$$y(t) = x(t) * h(t)$$

$$Y(s) = H(s)X(s)$$

$$H(s) = \frac{Y(s)}{X(s)}$$

$$h(t) = \mathcal{L}^{-1}\{H(s)\}$$

핵심 생각 선형 시불변 시스템은 impulse response 하나로 완전히 표현된다.

예시 예시: 센서 신호를 샘플링한 뒤 필터링하고, 상태공간 모델로 제어기를 설계한다.

주의 연속시간과 이산시간의 안정 조건이 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

21.2 Convolution

난이도: 대학-대학원
태그: signals control communication

카드: 251/530

$$(x * h)(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)h(t - \tau)d\tau$$

$$(x * h)[n] = \sum_k x[k]h[n - k]$$

$$\mathcal{F}\{x * h\} = X(\omega)H(\omega)$$

$$\delta * x = x$$

핵심 생각 합성곱은 입력의 가중된 과거가 출력에 누적되는 구조다.

예시 예시: 센서 신호를 샘플링한 뒤 필터링하고, 상태공간 모델로 제어기를 설계한다.

주의 연속시간과 이산시간의 안정 조건이 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

21.3 Sampling theorem

난이도: 대학-대학원
태그: signals control communication

카드: 252/530

$$f_s > 2B$$

$$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(nT) \operatorname{sinc}\left(\frac{t-nT}{T}\right)$$

$$\omega_s = 2\pi/T$$

aliasing if spectra overlap

핵심 생각 대역제한 신호는 충분히 빠른 샘플로 복원 가능하다.

예시 예시: 센서 신호를 샘플링한 뒤 필터링하고, 상태공간 모델로 제어를 설계한다.

주의 연속시간과 이산시간의 안정 조건이 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

21.4 DTFT와 DFT

난이도: 대학-대학원
태그: signals control communication

카드: 253/530

$$\begin{aligned}
 X(e^{j\omega}) &= \sum_n x[n]e^{-j\omega n} \\
 X[k] &= \sum_{n=0}^{N-1} x[n]e^{-j2\pi kn/N} \\
 x[n] &= \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X[k]e^{j2\pi kn/N} \\
 x[n]h[n] &\leftrightarrow \frac{1}{2\pi} X * H
 \end{aligned}$$

핵심 생각 이산 신호의 주파수 표현은 주기성을 갖는다.

예시 예시: 센서 신호를 샘플링한 뒤 필터링하고, 상태공간 모델로 제어기를 설계한다.

주의 연속시간과 이산시간의 안정 조건이 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

21.5 상태공간

난이도: 대학-대학원
태그: signals control communication

카드: 254/530

$$\begin{aligned}\dot{x} &= Ax + Bu \\ y &= Cx + Du \\ G(s) &= C(sI - A)^{-1}B + D \\ x(t) &= e^{At}x(0) + \int_0^t e^{A(t-\tau)}Bu(\tau)d\tau\end{aligned}$$

핵심 생각 상태공간은 다입력 다출력 동적 시스템의 표준 모델이다.

예시 예시: 센서 신호를 샘플링한 뒤 필터링하고, 상태공간 모델로 제어기를 설계한다.

주의 연속시간과 이산시간의 안정 조건이 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

21.6 안정성

난이도: 대학-대학원
태그: signals control communication

카드: 255/530

$$\dot{x} = Ax$$

$$\operatorname{Re} \lambda_i(A) < 0 \Rightarrow \text{asymptotically stable}$$

$$A^T P + PA = -Q$$

$$V(x) = x^T P x$$

핵심 생각 연속시간 선형계는 고유값의 실수부로 안정성을 판단한다.

예시 예시: 센서 신호를 샘플링한 뒤 필터링하고, 상태공간 모델로 제어기를 설계한다.

주의 연속시간과 이산시간의 안정 조건이 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

21.7 Feedback

난이도: 대학-대학원
태그: signals control communication

카드: 256/530

$$T(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

$$S(s) = \frac{1}{1 + L(s)}$$

$$L(s) = G(s)H(s)$$

$$1 + L(s) = 0 \quad \text{characteristic}$$

핵심 생각 피드백은 민감도를 줄이고 안정성과 대역폭을 바꾼다.

예시 예시: 센서 신호를 샘플링한 뒤 필터링하고, 상태공간 모델로 제어기를 설계한다.

주의 연속시간과 이산시간의 안정 조건이 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

21.8 PID 제어

난이도: 대학-대학원
태그: signals control communication

카드: 257/530

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \dot{e}(t)$$

$$C(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s$$

$$e_{ss} = \lim_{s \rightarrow 0} sE(s)$$

anti-windup needed with saturation

핵심 생각 PID는 비례, 적분, 미분 작용을 조합한 현장 표준 제어기다.

예시 예시: 센서 신호를 샘플링한 뒤 필터링하고, 상태공간 모델로 제어기를 설계한다.

주의 연속시간과 이산시간의 안정 조건이 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

21.9 Root locus

난이도: 대학-대학원
태그: signals control communication

카드: 258/530

$$1 + KG(s)H(s) = 0$$

$$\sum \angle(s - z_i) - \sum \angle(s - p_i) = (2k + 1)\pi$$

$$K = \frac{\prod |s - p_i|}{\prod |s - z_i|}$$

$n - m$ asymptotes

핵심 생각 이득 변화에 따른 폐루프 극점의 이동을 본다.

예시 예시: 센서 신호를 샘플링한 뒤 필터링하고, 상태공간 모델로 제어기를 설계한다.

주의 연속시간과 이산시간의 안정 조건이 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

21.10 Bode와 Nyquist

난이도: 대학-대학원
태그: signals control communication

카드: 259/530

$$\begin{aligned}
 &20 \log_{10} |G(j\omega)| \\
 &\angle G(j\omega) \\
 &PM = 180^\circ + \angle L(j\omega_{gc}) \\
 &GM = 1/|L(j\omega_{pc})|
 \end{aligned}$$

핵심 생각 주파수응답은 안정 여유와 대역폭을 설계한다.

예시 예시: 센서 신호를 샘플링한 뒤 필터링하고, 상태공간 모델로 제어기를 설계한다.

주의 연속시간과 이산시간의 안정 조건이 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

21.11 Kalman filter

난이도: 대학-대학원
태그: signals control communication

카드: 260/530

$$x_k = Ax_{k-1} + Bu_k + w_k$$

$$z_k = Hx_k + v_k$$

$$K_k = P_k^- H^T (H P_k^- H^T + R)^{-1}$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k(z_k - H\hat{x}_k^-)$$

핵심 생각 Kalman filter는 모델 예측과 측정을 확률적으로 결합한다.

예시 예시: 센서 신호를 샘플링한 뒤 필터링하고, 상태공간 모델로 제어기를 설계한다.

주의 연속시간과 이산시간의 안정 조건이 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

21.12 통신 채널

난이도: 대학-대학원
태그: signals control communication

카드: 261/530

$$C = B \log_2(1 + SNR)$$

$$E_b/N_0 = SNR \cdot B/R_b$$

$$P_b^{BPSK} = Q\left(\sqrt{2E_b/N_0}\right)$$

$$y(t) = x(t) * h(t) + n(t)$$

핵심 생각 통신 성능은 대역폭, 전력, 잡음 사이의 절충이다.

예시 예시: 센서 신호를 샘플링한 뒤 필터링하고, 상태공간 모델로 제어를 설계한다.

주의 연속시간과 이산시간의 안정 조건이 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

21.13 AM, FM

난이도: 대학-대학원
태그: signals control communication

카드: 262/530

$$s_{AM}(t) = A_c[1 + k_a m(t)] \cos \omega_c t$$

$$s_{FM}(t) = A_c \cos \left(\omega_c t + k_f \int m(\tau) d\tau \right)$$

$$\beta = \Delta f / f_m$$

$$B_{FM} \approx 2(\Delta f + f_m)$$

핵심 생각 변조는 정보를 높은 주파수 반송파에 실어 보낸다.

예시 예시: 센서 신호를 샘플링한 뒤 필터링하고, 상태공간 모델로 제어기를 설계한다.

주의 연속시간과 이산시간의 안정 조건이 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

21.14 디지털 변조

난이도: 대학-대학원
태그: signals control communication

카드: 263/530

$$s_m(t) = \sqrt{2E_s/T} \cos(2\pi f_c t + \phi_m)$$

$$M\text{-PSK} : \phi_m = 2\pi m/M$$

$$R_b = R_s \log_2 M$$

$$P_s \approx 2Q \left(\sqrt{2E_s/N_0} \sin \frac{\pi}{M} \right)$$

핵심 생각 심볼 집합의 거리와 잡음이 오류확률을 결정한다.

예시 예시: 센서 신호를 샘플링한 뒤 필터링하고, 상태공간 모델로 제어기를 설계한다.

주의 연속시간과 이산시간의 안정 조건이 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

21.15 정보와 코딩

난이도: 대학-대학원
태그: signals control communication

카드: 264/530

$$R = k/n$$

$$d_{min} \Rightarrow t = \lfloor (d_{min} - 1)/2 \rfloor$$

$$H(p) = -p \log_2 p - (1 - p) \log_2 (1 - p)$$

$$C_{BSC} = 1 - H(p)$$

핵심 생각 오류정정 코드는 여분 비트를 사용해 잡음에 견딘다.

예시 예시: 센서 신호를 샘플링한 뒤 필터링하고, 상태공간 모델로 제어기를 설계한다.

주의 연속시간과 이산시간의 안정 조건이 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 22

기계, 토목, 화학공정, 항공, 로봇

22.1 공학 정역학

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 265/530

$$\begin{aligned}\sum \mathbf{F} &= 0 \\ \sum \mathbf{M}_O &= 0 \\ \mathbf{M}_O &= \mathbf{r} \times \mathbf{F} \\ F_f &\leq \mu_s N\end{aligned}$$

핵심 생각 정역학은 힘과 모멘트의 평형으로 구조물을 분석한다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.2 재료역학: 응력과 변형률

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 266/530

$$\sigma = F/A$$

$$\epsilon = \Delta L/L$$

$$\tau = V/A$$

$$\sigma = E\epsilon \quad \text{linear elastic}$$

핵심 생각 응력은 단위면적당 내부힘, 변형률은 상대 변형이다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.3 축하중과 열응력

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 267/530

$$\delta = \frac{PL}{AE}$$

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

$$\sigma_{thermal} = E \alpha \Delta T \quad \text{fully constrained}$$

$$U = \frac{P^2 L}{2AE}$$

핵심 생각 길이 변화가 구속되면 온도 변화가 응력을 만든다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.4 비틀림

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 268/530

$$\tau = \frac{Tr}{J}$$

$$\theta = \frac{TL}{GJ}$$

$$J_{solid} = \frac{\pi R^4}{2}$$

$$P = T\omega$$

핵심 생각 축의 비틀림은 토크와 극관성모멘트로 계산한다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.5 보 굽힘

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 269/530

$$\sigma_x = -\frac{My}{I}$$

$$\frac{VQ}{It} = \tau$$

$$\frac{dV}{dx} = -w(x)$$

$$\frac{dM}{dx} = V(x)$$

핵심 생각 전단력과 굽힘모멘트 도표가 보 설계의 중심이다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.6 Euler-Bernoulli 보

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 270/530

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} = w(x)$$

$$\kappa \approx \frac{d^2 y}{dx^2}$$

$$M = EI\kappa$$

$$\delta_{max,center} = \frac{PL^3}{48EI} \quad \text{simple beam center load}$$

핵심 생각 작은 처짐 보 이론은 굽힘 강성 EI로 구조 응답을 나타낸다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.7 좌굴

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 271/530

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$$

$$\lambda = KL/r_g$$

$$r_g = \sqrt{I/A}$$

$$\sigma_{cr} = P_{cr}/A$$

핵심 생각 가느다란 압축부재는 재료 항복 전에도 좌굴할 수 있다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.8 파괴역학

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 272/530

$$K_I = Y\sigma\sqrt{\pi a}$$

$$K_I \geq K_{IC} \Rightarrow \text{fracture}$$

$$G = \frac{K^2}{E'}$$

$$\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^m$$

핵심 생각 균열 끝의 응력확대계수가 파괴를 지배한다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.9 피로

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 273/530

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

$$R = \sigma_{min} / \sigma_{max}$$

$$\sigma_a = \sigma'_f (2N_f)^b$$

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} \leq 1 \quad \text{Goodman}$$

핵심 생각 반복하중은 정적강도보다 훨씬 낮은 응력에서도 파손을 만든다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.10 기계설계 안전율

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 274/530

$$n = \frac{\text{strength}}{\text{stress}}$$

$$\sigma_{vm} = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]}$$

$$\sigma_{vm} \leq S_y/n$$

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

핵심 생각 안전율은 하중, 재료, 모델 불확실성을 설계 여유로 바꾼다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.11 진동계

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 275/530

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_0 \cos \omega t$$

$$\omega_n = \sqrt{k/m}$$

$$\zeta = \frac{c}{2\sqrt{km}}$$

$$X(\omega) = \frac{F_0/k}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2\zeta r)^2}}$$

핵심 생각 기계 진동은 질량, 감쇠, 강성의 상호작용이다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.12 유한요소 기본

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 276/530

$$\mathbf{K}\mathbf{u} = \mathbf{f}$$

$$\mathbf{K}_e = \int_{\Omega_e} \mathbf{B}^T \mathbf{D} \mathbf{B} d\Omega$$

$$\boldsymbol{\epsilon} = \mathbf{B}\mathbf{u}_e$$

$$\boldsymbol{\sigma} = \mathbf{D}\boldsymbol{\epsilon}$$

핵심 생각 연속체 문제를 요소별 행렬 방정식으로 이산화한다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.13 열전달: 전도

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 277/530

$$q_x = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$\nabla \cdot (k \nabla T) + \dot{q} = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t}$$

$$R_{cond} = \frac{L}{kA}$$

$$q = \frac{\Delta T}{R_{th}}$$

핵심 생각 온도 기울기는 열유속을 만든다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.14 대류와 복사

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 278/530

$$q = hA(T_s - T_\infty)$$

$$Nu = \frac{hL}{k}$$

$$q = \epsilon\sigma A(T_s^4 - T_{sur}^4)$$

$$Bi = \frac{hL_c}{k}$$

핵심 생각 열전달 경계조건은 실제 시스템의 속도를 결정한다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.15 질량전달

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 279/530

$$J_A = -D_{AB} \frac{dc_A}{dx}$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \nabla^2 c$$

$$Sh = \frac{k_c L}{D}$$

$$Pe_m = \frac{UL}{D}$$

핵심 생각 확산과 대류는 화학공학, 반도체 공정, 생체전달의 공통 언어다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.16 화학공학 물질수지

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 280/530

$$\begin{aligned} \text{accumulation} &= \text{in} - \text{out} + \text{generation} - \text{consumption} \\ F_{A0} - F_A + r_A V &= 0 \quad \text{CSTR} \\ \frac{dF_A}{dV} &= r_A \quad \text{PFR} \\ X &= \frac{F_{A0} - F_A}{F_{A0}} \end{aligned}$$

핵심 생각 공정 해석은 보존식으로 시작한다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.17 분리공정

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 281/530

$$y_i = K_i x_i$$

$$\alpha_{ij} = K_i / K_j$$

$$N_{min} = \frac{\log[(x_D / (1 - x_D))((1 - x_B) / x_B)]}{\log \alpha}$$

$$q = \frac{\text{liquid feed}}{\text{feed}}$$

핵심 생각 평형과 물질수지가 증류, 흡수, 추출의 골격이다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.18 공정제어

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 282/530

$$G_p(s) = \frac{K_p e^{-\theta s}}{\tau s + 1}$$

$$G_c(s) = K_c \left(1 + \frac{1}{\tau_I s} + \tau_D s \right)$$

$$y(s) = \frac{G_c G_p}{1 + G_c G_p} r(s)$$

$$IAE = \int_0^{\infty} |e(t)| dt$$

핵심 생각 공정제어는 느린 시간상수와 지연시간을 다룬다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.19 토목 구조해석

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 283/530

$$\begin{aligned} \mathbf{Kd} &= \mathbf{P} \\ M/EI &= \kappa \\ \Delta &= \int \frac{Mm}{EI} dx \\ P_u &= \phi R_n \end{aligned}$$

핵심 생각 구조물은 하중, 강성, 허용한계를 함께 검토한다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.20 토질역학

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 284/530

$$\sigma' = \sigma - u$$

$$\tau_f = c' + \sigma' \tan \phi'$$

$$S = \frac{\tau_f}{\tau}$$

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma$$

핵심 생각 유효응력 개념이 흙의 강도를 지배한다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.21 수문학

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 285/530

$$Q = CIA$$

$$i = \frac{P}{t}$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

핵심 생각 강우, 유출, 저장은 물 인프라 설계의 기초다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.22 항공우주 기본

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 286/530

$$L = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_L$$

$$D = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_D$$

$$T - D = m \dot{V}$$

$$n = L/W$$

핵심 생각 비행 성능은 양력, 항력, 추력, 중량의 균형이다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.23 로켓 방정식

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 287/530

$$\Delta v = v_e \ln \frac{m_0}{m_f}$$

$$I_{sp} = \frac{v_e}{g_0}$$

$$F = \dot{m}v_e + (p_e - p_a)A_e$$

$$m(t) = m_0 - \dot{m}t$$

핵심 생각 로켓은 질량을 버려 운동량을 얻는다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.24 로봇 운동학

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 288/530

$${}^0T_n = \prod_{i=1}^n {}^{i-1}T_i$$

$$\dot{\mathbf{x}} = J(\mathbf{q})\dot{\mathbf{q}}$$

$$\boldsymbol{\tau} = J^T \mathbf{F}$$

$$\det J = 0 \Rightarrow \text{singularity}$$

핵심 생각 로봇은 좌표변환과 Jacobian이 핵심이다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.25 로봇 동역학

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 289/530

$$\mathbf{M}(q)\ddot{q} + \mathbf{C}(q, \dot{q})\dot{q} + \mathbf{g}(q) = \boldsymbol{\tau}$$

$$T = \frac{1}{2} \dot{q}^T \mathbf{M}(q) \dot{q}$$

$$V = V(q)$$

$$\tau_i = \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial L}{\partial q_i}$$

핵심 생각 다관절 로봇은 Lagrange 역학의 공학 응용이다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.26 신뢰성공학

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 290/530

$$R(t) = P(T > t)$$

$$F(t) = 1 - R(t)$$

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

$$R_{series} = \prod_i R_i$$

핵심 생각 고장은 확률과 시간의 함수로 설계한다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.27 품질공학

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 291/530

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

$$C_{pk} = \min\left(\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right)$$

$$\bar{X} \pm A_2 R$$

$$DPMO = \frac{\text{defects}}{\text{units} \cdot \text{opportunities}} 10^6$$

핵심 생각 공정능력은 규격폭과 산포를 비교한다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.28 제조공학

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 292/530

$$MRR = vfd$$

$$T = Kf^m d^n$$

$$P = F_c v$$

$$\epsilon = \ln(A_0/A_f)$$

핵심 생각 제조식은 힘, 전력, 재료제거율, 변형률을 연결한다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

22.29 반도체 공정

난이도: 대학-연구자
태그: engineering design

카드: 293/530

$$x_j \sim 2\sqrt{Dt}$$

$$D = D_0 e^{-E_a/k_B T}$$

$$R_{sheet} = \rho/t$$

$$C_{ox} = \epsilon_{ox}/t_{ox}$$

핵심 생각 확산, 산화, 박막, 포토공정은 스케일과 열 예산이 중요하다.

예시 예시: 실제 설계에서는 자유물체도, 보존식, 경계조건, 안전율을 먼저 세운다.

주의 모든 공식은 단위와 적용 가정이 함께 맞아야 한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Part VII

VII. 빠른 검색용 공식 카드 아틀라스

Chapter 23

미적분 공식 카드

23.1 도함수와 적분 카드 1: x^n

난이도: 고등-대학
태그: atlas

카드: 294/530

$$f(x) = x^n$$

$$f'(x) = nx^{n-1}$$

$$\int f(x)dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + C \quad (n \neq -1)$$

note = power law

핵심 생각 도함수와 적분을 한 쌍으로 외우면 미분방정식과 변환표가 쉬워진다.

예시 예시: RC 회로, 감쇠진동, 반응속도식은 대부분 지수함수 적분으로 풀린다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

23.2 도함수와 적분 카드 2: e^{ax}

난이도: 고등-대학
태그: atlas

카드: 295/530

$$\begin{aligned} f(x) &= e^{ax} \\ f'(x) &= ae^{ax} \\ \int f(x)dx &= \frac{1}{a}e^{ax} + C \\ \text{note } e^{ax} &= \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(ax)^k}{k!} \end{aligned}$$

핵심 생각 도함수와 적분을 한 쌍으로 외우면 미분방정식과 변환표가 쉬워진다.

예시 예시: RC 회로, 감쇠진동, 반응속도식은 대부분 지수함수 적분으로 풀린다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

23.3 도함수와 적분 카드 3: a^x

난이도: 고등-대학
태그: atlas

카드: 296/530

$$f(x) = a^x$$

$$f'(x) = a^x \ln a$$

$$\int f(x)dx = \frac{a^x}{\ln a} + C$$

$$\text{note} = a > 0, a \neq 1$$

핵심 생각 도함수와 적분을 한 쌍으로 외우면 미분방정식과 변환표가 쉬워진다.

예시 예시: RC 회로, 감쇠진동, 반응속도식은 대부분 지수함수 적분으로 풀린다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

23.4 도함수와 적분 카드 4: $\ln x$

난이도: 고등-대학
태그: atlas

카드: 297/530

$$f(x) = \ln x$$

$$f'(x) = 1/x$$

$$\int f(x)dx = x \ln x - x + C$$

$$\text{note} = x > 0$$

핵심 생각 도함수와 적분을 한 쌍으로 외우면 미분방정식과 변환표가 쉬워진다.

예시 예시: RC 회로, 감쇠진동, 반응속도식은 대부분 지수함수 적분으로 풀린다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

23.5 도함수와 적분 카드 5: $\sin ax$

난이도: 고등-대학
태그: atlas

카드: 298/530

$$f(x) = \sin ax$$

$$f'(x) = a \cos ax$$

$$\int f(x)dx = -\frac{1}{a} \cos ax + C$$

$$\text{note} = \text{period} = 2\pi/a$$

핵심 생각 도함수와 적분을 한 쌍으로 외우면 미분방정식과 변환표가 쉬워진다.

예시 예시: RC 회로, 감쇠진동, 반응속도식은 대부분 지수함수 적분으로 풀린다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

23.6 도함수와 적분 카드 6: $\cos ax$

난이도: 고등-대학
태그: atlas

카드: 299/530

$$f(x) = \cos ax$$

$$f'(x) = -a \sin ax$$

$$\int f(x)dx = \frac{1}{a} \sin ax + C$$

note = even function

핵심 생각 도함수와 적분을 한 쌍으로 외우면 미분방정식과 변환표가 쉬워진다.

예시 예시: RC 회로, 감쇠진동, 반응속도식은 대부분 지수함수 적분으로 풀린다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

23.7 도함수와 적분 카드 7: $\tan x$

난이도: 고등-대학
태그: atlas

카드: 300/530

$$f(x) = \tan x$$

$$f'(x) = \sec^2 x$$

$$\int f(x)dx = -\ln |\cos x| + C$$

$$\text{note} = x \neq \pi/2 + k\pi$$

핵심 생각 도함수와 적분을 한 쌍으로 외우면 미분방정식과 변환표가 쉬워진다.

예시 예시: RC 회로, 감쇠진동, 반응속도식은 대부분 지수함수 적분으로 풀린다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

23.8 도함수와 적분 카드 8: $\arcsin x$

난이도: 고등-대학
태그: atlas

카드: 301/530

$$f(x) = \arcsin x$$

$$f'(x) = 1/\sqrt{1-x^2}$$

$$\int f(x)dx = x \arcsin x + \sqrt{1-x^2} + C$$

$$\text{note} = |x| < 1$$

핵심 생각 도함수와 적분을 한 쌍으로 외우면 미분방정식과 변환표가 쉬워진다.

예시 예시: RC 회로, 감쇠진동, 반응속도식은 대부분 지수함수 적분으로 풀린다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

23.9 도함수와 적분 카드 9: $\arctan x$

난이도: 고등-대학
태그: atlas

카드: 302/530

$$\begin{aligned} f(x) &= \arctan x \\ f'(x) &= 1/(1+x^2) \\ \int f(x)dx &= x \arctan x - \frac{1}{2} \ln(1+x^2) + C \\ \text{note} &= x \in \mathbb{R} \end{aligned}$$

핵심 생각 도함수와 적분을 한 쌍으로 외우면 미분방정식과 변환표가 쉬워진다.

예시 예시: RC 회로, 감쇠진동, 반응속도식은 대부분 지수함수 적분으로 풀린다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

23.10 도함수와 적분 카드 10: $\sinh x$

난이도: 고등-대학
태그: atlas

카드: 303/530

$$f(x) = \sinh x$$

$$f'(x) = \cosh x$$

$$\int f(x)dx = \cosh x + C$$

$$\text{note} = \cosh^2 x - \sinh^2 x = 1$$

핵심 생각 도함수와 적분을 한 쌍으로 외우면 미분방정식과 변환표가 쉬워진다.

예시 예시: RC 회로, 감쇠진동, 반응속도식은 대부분 지수함수 적분으로 풀린다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

23.11 도함수와 적분 카드 11: $\cosh x$

난이도: 고등-대학
태그: atlas

카드: 304/530

$$f(x) = \cosh x$$

$$f'(x) = \sinh x$$

$$\int f(x)dx = \sinh x + C$$

note = solution of $y'' = y$

핵심 생각 도함수와 적분을 한 쌍으로 외우면 미분방정식과 변환표가 쉬워진다.

예시 예시: RC 회로, 감쇠진동, 반응속도식은 대부분 지수함수 적분으로 풀린다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

23.12 도함수와 적분 카드 12: $f(x) = \operatorname{sech} x$

난이도: 고등-대학
태그: atlas

카드: 305/530

$$f(x) = \operatorname{sech} x$$

$$f'(x) = -\operatorname{sech} x \tanh x$$

$$\int f(x) dx = 2 \arctan(e^x) + C$$

note = soliton profiles

핵심 생각 도함수와 적분을 한 쌍으로 외우면 미분방정식과 변환표가 쉬워진다.

예시 예시: RC 회로, 감쇠진동, 반응속도식은 대부분 지수함수 적분으로 풀린다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 24

적분 공식 카드

24.1 표준 적분 카드 1

난이도: 고등-대학원
태그: atlas

카드: 306/530

$$\int u \, dv = uv - \int v \, du$$

condition = integration by parts

$$\frac{d}{dx} \int_a^x f(t) dt = f(x)$$

$$\int_a^b f'(x) dx = f(b) - f(a)$$

핵심 생각 표준 적분은 확률정규화, 양자 파동함수, 열전달 해석에서 자주 쓰인다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

24.2 표준 적분 카드 2

난이도: 고등-대학원
태그: atlas

카드: 307/530

$$\int_a^b f(g(x))g'(x)dx = \int_{g(a)}^{g(b)} f(u)du$$

$$\text{condition} = u = g(x)$$

$$\frac{d}{dx} \int_a^x f(t)dt = f(x)$$

$$\int_a^b f'(x)dx = f(b) - f(a)$$

핵심 생각 표준 적분은 확률정규화, 양자 파동함수, 열전달 해석에서 자주 쓰인다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

24.3 표준 적분 카드 3

난이도: 고등-대학원
태그: atlas

카드: 308/530

$$\int \frac{dx}{x^2 + a^2} = \frac{1}{a} \arctan \frac{x}{a} + C$$

condition = $a > 0$

$$\frac{d}{dx} \int_a^x f(t) dt = f(x)$$

$$\int_a^b f'(x) dx = f(b) - f(a)$$

핵심 생각 표준 적분은 확률정규화, 양자 파동함수, 열전달 해석에서 자주 쓰인다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

24.4 표준 적분 카드 4

난이도: 고등-대학원
태그: atlas

카드: 309/530

$$\int \frac{dx}{\sqrt{a^2 - x^2}} = \arcsin \frac{x}{a} + C$$

$$\text{condition} = |x| < a$$

$$\frac{d}{dx} \int_a^x f(t) dt = f(x)$$

$$\int_a^b f'(x) dx = f(b) - f(a)$$

핵심 생각 표준 적분은 확률정규화, 양자 파동함수, 열전달 해석에서 자주 쓰인다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

24.5 표준 적분 카드 5

난이도: 고등-대학원
태그: atlas

카드: 310/530

$$\int e^{ax} \cos bx \, dx = \frac{e^{ax}(a \cos bx + b \sin bx)}{a^2 + b^2} + C$$

$$\text{condition} = a^2 + b^2 \neq 0$$

$$\frac{d}{dx} \int_a^x f(t) dt = f(x)$$

$$\int_a^b f'(x) dx = f(b) - f(a)$$

핵심 생각 표준 적분은 확률정규화, 양자 파동함수, 열전달 해석에서 자주 쓰인다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

24.6 표준 적분 카드 6

난이도: 고등-대학원
태그: atlas

카드: 311/530

$$\int e^{ax} \sin bx \, dx = \frac{e^{ax}(a \sin bx - b \cos bx)}{a^2 + b^2} + C$$

$$\text{condition} = a^2 + b^2 \neq 0$$

$$\frac{d}{dx} \int_a^x f(t) dt = f(x)$$

$$\int_a^b f'(x) dx = f(b) - f(a)$$

핵심 생각 표준 적분은 확률정규화, 양자 파동함수, 열전달 해석에서 자주 쓰인다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

24.7 표준 적분 카드 7

난이도: 고등-대학원
태그: atlas

카드: 312/530

$$\int_0^{\infty} e^{-ax} dx = 1/a$$

$$\text{condition} = a > 0$$

$$\frac{d}{dx} \int_a^x f(t) dt = f(x)$$

$$\int_a^b f'(x) dx = f(b) - f(a)$$

핵심 생각 표준 적분은 확률정규화, 양자 파동함수, 열전달 해석에서 자주 쓰인다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

24.8 표준 적분 카드 8

난이도: 고등-대학원
태그: atlas

카드: 313/530

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-ax^2} dx = \sqrt{\pi/a}$$

$$\text{condition} = a > 0$$

$$\frac{d}{dx} \int_a^x f(t) dt = f(x)$$

$$\int_a^b f'(x) dx = f(b) - f(a)$$

핵심 생각 표준 적분은 확률정규화, 양자 파동함수, 열전달 해석에서 자주 쓰인다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

24.9 표준 적분 카드 9

난이도: 고등-대학원
태그: atlas

카드: 314/530

$$\int_0^{\infty} x^n e^{-ax} dx = \Gamma(n+1)/a^{n+1}$$

condition = $a > 0$

$$\frac{d}{dx} \int_a^x f(t) dt = f(x)$$

$$\int_a^b f'(x) dx = f(b) - f(a)$$

핵심 생각 표준 적분은 확률정규화, 양자 파동함수, 열전달 해석에서 자주 쓰인다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

24.10 표준 적분 카드 10

난이도: 고등-대학원
태그: atlas

카드: 315/530

$$\int_0^{2\pi} \sin^2 x \, dx = \pi$$

condition = orthogonality

$$\frac{d}{dx} \int_a^x f(t) dt = f(x)$$

$$\int_a^b f'(x) dx = f(b) - f(a)$$

핵심 생각 표준 적분은 확률정규화, 양자 파동함수, 열전달 해석에서 자주 쓰인다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

24.11 표준 적분 카드 11

난이도: 고등-대학원
태그: atlas

카드: 316/530

$$\int_0^L \sin \frac{m\pi x}{L} \sin \frac{n\pi x}{L} dx = \frac{L}{2} \delta_{mn}$$

condition = $m, n \geq 1$

$$\frac{d}{dx} \int_a^x f(t) dt = f(x)$$

$$\int_a^b f'(x) dx = f(b) - f(a)$$

핵심 생각 표준 적분은 확률정규화, 양자 파동함수, 열전달 해석에서 자주 쓰인다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

24.12 표준 적분 카드 12

난이도: 고등-대학원
태그: atlas

카드: 317/530

$$\int \delta(x-a)f(x)dx = f(a)$$

condition = sifting

$$\frac{d}{dx} \int_a^x f(t)dt = f(x)$$

$$\int_a^b f'(x)dx = f(b) - f(a)$$

핵심 생각 표준 적분은 확률정규화, 양자 파동함수, 열전달 해석에서 자주 쓰인다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 25

Laplace 변환 카드

25.1 Laplace 카드 1: \$1\$

난이도: 대학
태그: atlas

카드: 318/530

$$\begin{aligned}\mathcal{L}\{1\} &= 1/s \\ F(s) &= \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt \\ f(t) &= \mathcal{L}^{-1}\{F(s)\} \\ \operatorname{Re}(s) &> \sigma_0\end{aligned}$$

핵심 생각 Laplace 변환은 초기값 문제와 회로 과도응답의 표준 도구다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

25.2 Laplace 카드 2: t^n

난이도: 대학
태그: atlas

카드: 319/530

$$\begin{aligned}\mathcal{L}\{t^n\} &= n!/s^{n+1} \\ F(s) &= \int_0^\infty f(t)e^{-st}dt \\ f(t) &= \mathcal{L}^{-1}\{F(s)\} \\ \operatorname{Re}(s) &> \sigma_0\end{aligned}$$

핵심 생각 Laplace 변환은 초기값 문제와 회로 과도응답의 표준 도구다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

25.3 Laplace 카드 3: e^{at}

난이도: 대학
태그: atlas

카드: 320/530

$$\mathcal{L}\{e^{at}\} = 1/(s - a)$$

$$F(s) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt$$

$$f(t) = \mathcal{L}^{-1}\{F(s)\}$$

$$\operatorname{Re}(s) > \sigma_0$$

핵심 생각 Laplace 변환은 초기값 문제와 회로 과도응답의 표준 도구다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

25.4 Laplace 카드 4: $\sin \omega t$

난이도: 대학
태그: atlas

카드: 321/530

$$\mathcal{L}\{\sin \omega t\} = \omega / (s^2 + \omega^2)$$

$$F(s) = \int_0^{\infty} f(t) e^{-st} dt$$

$$f(t) = \mathcal{L}^{-1}\{F(s)\}$$

$$\operatorname{Re}(s) > \sigma_0$$

핵심 생각 Laplace 변환은 초기값 문제와 회로 과도응답의 표준 도구다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

25.5 Laplace 카드 5: $\cos \omega t$

난이도: 대학
태그: atlas

카드: 322/530

$$\mathcal{L}\{\cos \omega t\} = s/(s^2 + \omega^2)$$

$$F(s) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt$$

$$f(t) = \mathcal{L}^{-1}\{F(s)\}$$

$$\operatorname{Re}(s) > \sigma_0$$

핵심 생각 Laplace 변환은 초기값 문제와 회로 과도응답의 표준 도구다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

25.6 Laplace 카드 6: $u(t-a)$

난이도: 대학
태그: atlas

카드: 323/530

$$\begin{aligned}\mathcal{L}\{u(t-a)\} &= e^{-as}/s \\ F(s) &= \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt \\ f(t) &= \mathcal{L}^{-1}\{F(s)\} \\ \operatorname{Re}(s) &> \sigma_0\end{aligned}$$

핵심 생각 Laplace 변환은 초기값 문제와 회로 과도응답의 표준 도구다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

25.7 Laplace 카드 7: $\delta(t-a)$

난이도: 대학
태그: atlas

카드: 324/530

$$\mathcal{L}\{\delta(t-a)\} = e^{-as}$$

$$F(s) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt$$

$$f(t) = \mathcal{L}^{-1}\{F(s)\}$$

$$\operatorname{Re}(s) > \sigma_0$$

핵심 생각 Laplace 변환은 초기값 문제와 회로 과도응답의 표준 도구다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

25.8 Laplace 카드 8: $e^{at}\sin\omega t$

난이도: 대학
태그: atlas

카드: 325/530

$$\mathcal{L}\{e^{at}\sin\omega t\} = \omega / [(s-a)^2 + \omega^2]$$

$$F(s) = \int_0^\infty f(t)e^{-st}dt$$

$$f(t) = \mathcal{L}^{-1}\{F(s)\}$$

$$\operatorname{Re}(s) > \sigma_0$$

핵심 생각 Laplace 변환은 초기값 문제와 회로 과도응답의 표준 도구다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

25.9 Laplace 카드 9: $\mathcal{L}\{e^{at}\cos\omega t\}$

난이도: 대학
태그: atlas

카드: 326/530

$$\mathcal{L}\{e^{at}\cos\omega t\} = (s-a)/[(s-a)^2 + \omega^2]$$

$$F(s) = \int_0^\infty f(t)e^{-st}dt$$

$$f(t) = \mathcal{L}^{-1}\{F(s)\}$$

$$\operatorname{Re}(s) > \sigma_0$$

핵심 생각 Laplace 변환은 초기값 문제와 회로 과도응답의 표준 도구다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

25.10 Laplace 카드 10: $\mathcal{L}\{f'(t)\}$

난이도: 대학
태그: atlas

카드: 327/530

$$\mathcal{L}\{f'(t)\} = sF(s) - f(0^-)$$

$$F(s) = \int_0^\infty f(t)e^{-st} dt$$

$$f(t) = \mathcal{L}^{-1}\{F(s)\}$$

$$\operatorname{Re}(s) > \sigma_0$$

핵심 생각 Laplace 변환은 초기값 문제와 회로 과도응답의 표준 도구다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

25.11 Laplace 카드 11: $\int_0^t f(\tau) d\tau$

난이도: 대학
태그: atlas

카드: 328/530

$$\begin{aligned}\mathcal{L}\left\{\int_0^t f(\tau) d\tau\right\} &= F(s)/s \\ F(s) &= \int_0^\infty f(t)e^{-st} dt \\ f(t) &= \mathcal{L}^{-1}\{F(s)\} \\ \operatorname{Re}(s) &> \sigma_0\end{aligned}$$

핵심 생각 Laplace 변환은 초기값 문제와 회로 과도응답의 표준 도구다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

25.12 Laplace 카드 12: $f * g$

난이도: 대학
태그: atlas

카드: 329/530

$$\begin{aligned}\mathcal{L}\{f * g\} &= F(s)G(s) \\ F(s) &= \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt \\ f(t) &= \mathcal{L}^{-1}\{F(s)\} \\ \operatorname{Re}(s) &> \sigma_0\end{aligned}$$

핵심 생각 Laplace 변환은 초기값 문제와 회로 과도응답의 표준 도구다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 26

Fourier 변환 카드

26.1 Fourier 카드 1: $e^{-a|t|}$

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 330/530

$$\mathcal{F}\{e^{-a|t|}\} = 2a/(a^2 + \omega^2)$$

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)e^{j\omega t} d\omega$$

$$f * g \leftrightarrow FG$$

핵심 생각 Fourier 변환은 파동, 신호처리, 양자역학 운동량공간의 언어다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

26.2 Fourier 카드 2: e^{-at^2}

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 331/530

$$\begin{aligned}\mathcal{F}\{e^{-at^2}\} &= \sqrt{\pi/a} e^{-\omega^2/(4a)} \\ F(\omega) &= \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt \\ f(t) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{j\omega t} d\omega \\ f * g &\leftrightarrow FG\end{aligned}$$

핵심 생각 Fourier 변환은 파동, 신호처리, 양자역학 운동량공간의 언어다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

26.3 Fourier 카드 3: $\delta(t)$

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 332/530

$$\mathcal{F}\{\delta(t)\} = 1$$

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)e^{j\omega t} d\omega$$

$$f * g \leftrightarrow FG$$

핵심 생각 Fourier 변환은 파동, 신호처리, 양자역학 운동량공간의 언어다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

26.4 Fourier 카드 4: \$1\$

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 333/530

$$\mathcal{F}\{1\} = 2\pi\delta(\omega)$$

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)e^{j\omega t} d\omega$$

$$f * g \leftrightarrow FG$$

핵심 생각 Fourier 변환은 파동, 신호처리, 양자역학 운동량공간의 언어다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

26.5 Fourier 카드 5: $\cos \omega_0 t$

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 334/530

$$\mathcal{F}\{\cos \omega_0 t\} = \pi[\delta(\omega - \omega_0) + \delta(\omega + \omega_0)]$$

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)e^{j\omega t} d\omega$$

$$f * g \leftrightarrow FG$$

핵심 생각 Fourier 변환은 파동, 신호처리, 양자역학 운동량공간의 언어다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

26.6 Fourier 카드 6: $\sin \omega_0 t$

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 335/530

$$\mathcal{F}\{\sin \omega_0 t\} = \frac{\pi}{j} [\delta(\omega - \omega_0) - \delta(\omega + \omega_0)]$$

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{j\omega t} d\omega$$

$$f * g \leftrightarrow FG$$

핵심 생각 Fourier 변환은 파동, 신호처리, 양자역학 운동량공간의 언어다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

26.7 Fourier 카드 7: $\mathcal{F}\{\text{rect}(t/T)\}$

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 336/530

$$\mathcal{F}\{\text{rect}(t/T)\} = T \text{sinc}(\omega T/2)$$

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{j\omega t} d\omega$$

$$f * g \leftrightarrow FG$$

핵심 생각 Fourier 변환은 파동, 신호처리, 양자역학 운동량공간의 언어다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

26.8 Fourier 카드 8: $\mathcal{F}\{\text{sinc}(Bt)\} = \frac{\pi}{B} \text{rect}(\omega/(2B))$

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 337/530

$$\begin{aligned}\mathcal{F}\{\text{sinc}(Bt)\} &= \frac{\pi}{B} \text{rect}(\omega/(2B)) \\ F(\omega) &= \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt \\ f(t) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)e^{j\omega t} d\omega \\ f * g &\leftrightarrow FG\end{aligned}$$

핵심 생각 Fourier 변환은 파동, 신호처리, 양자역학 운동량공간의 언어다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

26.9 Fourier 카드 9: $f'(t)$

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 338/530

$$\mathcal{F}\{f'(t)\} = j\omega F(\omega)$$

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)e^{j\omega t} d\omega$$

$$f * g \leftrightarrow FG$$

핵심 생각 Fourier 변환은 파동, 신호처리, 양자역학 운동량공간의 언어다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

26.10 Fourier 카드 10: $f * g$

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 339/530

$$\begin{aligned}\mathcal{F}\{f * g\} &= FG \\ F(\omega) &= \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt \\ f(t) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)e^{j\omega t} d\omega \\ f * g &\leftrightarrow FG\end{aligned}$$

핵심 생각 Fourier 변환은 파동, 신호처리, 양자역학 운동량공간의 언어다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 27

확률분포 카드

27.1 분포 카드 1: Bernoulli

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 340/530

$$\text{model} = \textit{Bernoulli}$$

$$P(X = 1) = p$$

$$E[X] = E[X] = p$$

$$\text{Var}(X) = \text{Var}(X) = p(1 - p)$$

핵심 생각 분포는 실험잡음, 측정오차, 입자수, 고장시간을 모델링한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

27.2 분포 카드 2: Binomial

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 341/530

model = *Binomial*

$$P(X = k) = \binom{n}{k} p^k (1 - p)^{n-k}$$

$$E[X] = np$$

$$\text{Var}(X) = np(1 - p)$$

핵심 생각 분포는 실험잡음, 측정오차, 입자수, 고장시간을 모델링한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

27.3 분포 카드 3: Geometric

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 342/530

model = *Geometric*

$$P(X = k) = (1 - p)^{k-1}p$$

$$E[X] = 1/p$$

$$\text{Var}(X) = (1 - p)/p^2$$

핵심 생각 분포는 실험잡음, 측정오차, 입자수, 고장시간을 모델링한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

27.4 분포 카드 4: Poisson

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 343/530

$\text{model} = \text{Poisson}$

$$P(X = k) = e^{-\lambda} \lambda^k / k!$$

$$E[X] = \lambda$$

$$\text{Var}(X) = \lambda$$

핵심 생각 분포는 실험잡음, 측정오차, 입자수, 고장시간을 모델링한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

27.5 분포 카드 5: Uniform

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 344/530

$$\begin{aligned}\text{model} &= \text{Uniform} \\ f(x) &= 1/(b-a) \\ E[X] &= (a+b)/2 \\ \text{Var}(X) &= (b-a)^2/12\end{aligned}$$

핵심 생각 분포는 실험잡음, 측정오차, 입자수, 고장시간을 모델링한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

27.6 분포 카드 6: Exponential

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 345/530

$$\begin{aligned}\text{model} &= \textit{Exponential} \\ f(x) &= \lambda e^{-\lambda x} \\ E[X] &= 1/\lambda \\ \text{Var}(X) &= 1/\lambda^2\end{aligned}$$

핵심 생각 분포는 실험잡음, 측정오차, 입자수, 고장시간을 모델링한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

27.7 분포 카드 7: Normal

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 346/530

model = *Normal*

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2/(2\sigma^2)}$$

$$E[X] = \mu$$

$$\text{Var}(X) = \sigma^2$$

핵심 생각 분포는 실험잡음, 측정오차, 입자수, 고장시간을 모델링한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

27.8 분포 카드 8: Gamma

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 347/530

$$\begin{aligned} \text{model} &= \text{Gamma} \\ f(x) &= \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\beta x} \\ E[X] &= \alpha/\beta \\ \text{Var}(X) &= \alpha/\beta^2 \end{aligned}$$

핵심 생각 분포는 실험잡음, 측정오차, 입자수, 고장시간을 모델링한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

27.9 분포 카드 9: Beta

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 348/530

$$\begin{aligned}\text{model} &= \text{Beta} \\ f(x) &= \frac{x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}}{B(\alpha, \beta)} \\ E[X] &= \alpha/(\alpha + \beta) \\ \text{Var}(X) &= \frac{\alpha\beta}{(\alpha + \beta)^2(\alpha + \beta + 1)}\end{aligned}$$

핵심 생각 분포는 실험잡음, 측정오차, 입자수, 고장시간을 모델링한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

27.10 분포 카드 10: Chi-square

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 349/530

model = *Chi - square*

$$X \sim \chi_k^2$$

$$E[X] = k$$

$$\text{Var}(X) = 2k$$

핵심 생각 분포는 실험잡음, 측정오차, 입자수, 고장시간을 모델링한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

27.11 분포 카드 11: Student t

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 350/530

model = *Studentt*

$$T = Z/\sqrt{V/\nu}$$

$$E[X] = 0 \ (\nu > 1)$$

$$\text{Var}(X) = \nu/(\nu - 2)$$

핵심 생각 분포는 실험잡음, 측정오차, 입자수, 고장시간을 모델링한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

27.12 분포 카드 12: Multivariate normal

난이도: 대학-대학원
태그: atlas

카드: 351/530

$$\begin{aligned} \text{model} &= \text{Multivariatenormal} \\ f(x) &= \frac{e^{-\frac{1}{2}(x-\mu)^T \Sigma^{-1}(x-\mu)}}{(2\pi)^{n/2} |\Sigma|^{1/2}} \\ E[X] &= \mu \\ \text{Var}(X) &= \Sigma \end{aligned}$$

핵심 생각 분포는 실험잡음, 측정오차, 입자수, 고장시간을 모델링한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 28

특수함수와 PDE 카드

28.1 특수함수/PDE 카드 1: Gamma

난이도: 대학원-연구자
태그: atlas

카드: 352/530

$$\begin{aligned}\Gamma(z) &= \int_0^\infty t^{z-1} e^{-t} dt \\ \Gamma(n+1) &= n! \\ \Gamma(1/2) &= \sqrt{\pi} \\ B(x, y) &= \frac{\Gamma(x)\Gamma(y)}{\Gamma(x+y)}\end{aligned}$$

핵심 생각 특수함수는 대칭이 있는 미분방정식의 고유모드로 등장한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

28.2 특수함수/PDE 카드 2: Bessel

난이도: 대학원-연구자
태그: atlas

카드: 353/530

$$x^2 y'' + xy' + (x^2 - \nu^2)y = 0$$

$$J_\nu(x) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m (x/2)^{2m+\nu}}{m! \Gamma(m+\nu+1)}$$

$$J_{-\nu}, Y_\nu \text{ independent}$$

$$\nabla^2 \text{ in cylinders} \Rightarrow J_\nu$$

핵심 생각 특수함수는 대칭이 있는 미분방정식의 고유모드로 등장한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

28.3 특수함수/PDE 카드 3: Legendre

난이도: 대학원-연구자
태그: atlas

카드: 354/530

$$(1-x^2)y'' - 2xy' + \ell(\ell+1)y = 0$$

$$P_\ell(x) = \frac{1}{2^\ell \ell!} \frac{d^\ell}{dx^\ell} (x^2-1)^\ell$$

$$\int_{-1}^1 P_\ell P_m dx = \frac{2}{2\ell+1} \delta_{\ell m}$$

$$Y_{\ell m} \propto P_\ell^m(\cos \theta) e^{im\phi}$$

핵심 생각 특수함수는 대칭이 있는 미분방정식의 고유모드로 등장한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

28.4 특수함수/PDE 카드 4: Hermite

난이도: 대학원-연구자
태그: atlas

카드: 355/530

$$\begin{aligned}
 H_n(x) &= (-1)^n e^{x^2} \frac{d^n}{dx^n} e^{-x^2} \\
 H_{n+1} &= 2xH_n - 2nH_{n-1} \\
 \int e^{-x^2} H_m H_n dx &= 2^n n! \sqrt{\pi} \delta_{mn} \\
 \psi_n &\propto e^{-x^2/2} H_n(x)
 \end{aligned}$$

핵심 생각 특수함수는 대칭이 있는 미분방정식의 고유모드로 등장한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

28.5 특수함수/PDE 카드 5: Laguerre

난이도: 대학원-연구자
태그: atlas

카드: 356/530

$$xy'' + (\alpha + 1 - x)y' + ny = 0$$

$$L_n^\alpha(x) = \frac{x^{-\alpha} e^x}{n!} \frac{d^n}{dx^n} (e^{-x} x^{n+\alpha})$$

$$\int_0^\infty e^{-x} x^\alpha L_m^\alpha L_n^\alpha dx = \frac{\Gamma(n + \alpha + 1)}{n!} \delta_{mn}$$

$$\text{hydrogen radial} \Rightarrow L_n^\alpha$$

핵심 생각 특수함수는 대칭이 있는 미분방정식의 고유모드로 등장한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

28.6 특수함수/PDE 카드 6: Airy

난이도: 대학원-연구자
태그: atlas

카드: 357/530

$$y'' - xy = 0$$

$$\text{Ai}(x) \rightarrow 0 \quad (x \rightarrow \infty)$$

$$\text{Bi}(x) \rightarrow \infty \quad (x \rightarrow \infty)$$

$$\text{turning point} \Rightarrow \text{Ai}$$

핵심 생각 특수함수는 대칭이 있는 미분방정식의 고유모드로 등장한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

28.7 특수함수/PDE 카드 7: Green 함수

난이도: 대학원-연구자
태그: atlas

카드: 358/530

$$LG(x, \xi) = \delta(x - \xi)$$

$$u(x) = \int G(x, \xi) f(\xi) d\xi$$

$$G(x, \xi) = G(\xi, x) \quad \text{self-adjoint}$$

BC included in G

핵심 생각 특수함수는 대칭이 있는 미분방정식의 고유모드로 등장한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

28.8 특수함수/PDE 카드 8: Heat kernel

난이도: 대학원-연구자
태그: atlas

카드: 359/530

$$\begin{aligned}u_t &= \alpha \nabla^2 u \\G(x, t) &= (4\pi\alpha t)^{-n/2} e^{-|x|^2/(4\alpha t)} \\u(x, t) &= G(\cdot, t) * u_0 \\ \ell &\sim \sqrt{\alpha t}\end{aligned}$$

핵심 생각 특수함수는 대칭이 있는 미분방정식의 고유모드로 등장한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

28.9 특수함수/PDE 카드 9: Wave modes

난이도: 대학원-연구자
태그: atlas

카드: 360/530

$$\begin{aligned}u_{tt} &= c^2 \nabla^2 u \\ u(x, t) &= X(x)T(t) \\ T'' + \omega^2 T &= 0 \\ \omega_n &= ck_n\end{aligned}$$

핵심 생각 특수함수는 대칭이 있는 미분방정식의 고유모드로 등장한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

28.10 특수함수/PDE 카드 10: Poisson kernel

난이도: 대학원-연구자
태그: atlas

카드: 361/530

$$\begin{aligned}\nabla^2 \phi &= -\rho/\epsilon_0 \\ \phi(x) &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\rho(x')}{|x-x'|} d^3x' \\ \nabla^2 \frac{1}{r} &= -4\pi\delta^3(r) \\ \mathbf{E} &= -\nabla\phi\end{aligned}$$

핵심 생각 특수함수는 대칭이 있는 미분방정식의 고유모드로 등장한다.

예시 예시: 같은 공식을 다른 과목의 모델에 대입해 보면 공통 구조가 보인다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 29

역학 모델 카드

29.1 역학 모델 카드 1: 포물선 운동

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 362/530

$$x = v_0 \cos \theta t$$

$$y = v_0 \sin \theta t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$$

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

29.2 역학 모델 카드 2: 원운동

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 363/530

$$a_c = v^2/r = \omega^2 r$$

$$F_c = mv^2/r$$

$$T = 2\pi/\omega$$

$$v = r\omega$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

29.3 역학 모델 카드 3: 중심력

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 364/530

$$\begin{aligned}\mathbf{F} &= F(r)\hat{r} \\ \ell &= mr^2\dot{\theta} \\ U_{eff} &= U(r) + \frac{\ell^2}{2mr^2} \\ \frac{1}{2}m\dot{r}^2 + U_{eff} &= E\end{aligned}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

29.4 역학 모델 카드 4: 강체 관성모멘트

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 365/530

$$I = \int r_{\perp}^2 dm$$

$$I = I_{cm} + Md^2$$

$$T_{rot} = \frac{1}{2} I \omega^2$$

$$\tau = \frac{d\mathbf{L}}{dt}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

29.5 역학 모델 카드 5: Euler 방정식

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 366/530

$$I_1 \dot{\omega}_1 + (I_3 - I_2) \omega_2 \omega_3 = N_1$$

$$I_2 \dot{\omega}_2 + (I_1 - I_3) \omega_3 \omega_1 = N_2$$

$$I_3 \dot{\omega}_3 + (I_2 - I_1) \omega_1 \omega_2 = N_3$$

$$T = \frac{1}{2} \sum I_i \omega_i^2$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

29.6 역학 모델 카드 6: Hamilton-Jacobi

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 367/530

$$H(q, \partial S / \partial q, t) + \partial S / \partial t = 0$$

$$p_i = \partial S / \partial q_i$$

$$Q_i = \partial S / \partial \alpha_i$$

$$S = W(q) - Et$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

29.7 역학 모델 카드 7: Noether

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 368/530

$$\begin{aligned}\delta S &= 0 \\ \frac{d}{dt} \left(\sum_i \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \delta q_i - F \right) &= 0 \\ t \text{ shift} &\Rightarrow E \\ \theta \text{ shift} &\Rightarrow L_z\end{aligned}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

29.8 역학 모델 카드 8: 연속체 응력

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 369/530

$$\begin{aligned}t_i &= \sigma_{ij}n_j \\ \rho \frac{Dv_i}{Dt} &= \partial_j \sigma_{ij} + \rho b_i \\ \sigma_{ij} &= -p\delta_{ij} + \tau_{ij} \\ \epsilon_{ij} &= \frac{1}{2}(\partial_i u_j + \partial_j u_i)\end{aligned}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 30

전자기 모델 카드

30.1 전자기 모델 카드 1: 정전기 경계조건

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 370/530

$$\begin{aligned}E_{2t} - E_{1t} &= 0 \\D_{2n} - D_{1n} &= \sigma_f \\ \phi_1 &= \phi_2 \\ \epsilon_1 E_{1n} &= \epsilon_2 E_{2n} \quad \text{no free charge}\end{aligned}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

30.2 전자기 모델 카드 2: 자기 경계조건

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 371/530

$$\begin{aligned} B_{2n} - B_{1n} &= 0 \\ \hat{n} \times (\mathbf{H}_2 - \mathbf{H}_1) &= \mathbf{K}_f \\ \mathbf{B} &= \mu \mathbf{H} \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \end{aligned}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

30.3 전자기 모델 카드 3: Poynting 정리

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 372/530

$$u = \frac{1}{2}(\epsilon E^2 + \mu^{-1} B^2)$$

$$\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{S} = -\mathbf{J} \cdot \mathbf{E}$$

$$P = \int \mathbf{S} \cdot d\mathbf{a}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

30.4 전자기 모델 카드 4: 전송선파

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 373/530

$$v(z) = V^+ e^{-\gamma z} + V^- e^{\gamma z}$$

$$i(z) = \frac{V^+}{Z_0} e^{-\gamma z} - \frac{V^-}{Z_0} e^{\gamma z}$$

$$\gamma = \alpha + j\beta$$

$$\lambda = 2\pi/\beta$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

30.5 전자기 모델 카드 5: 안테나

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 374/530

$$P_{rad} = \int U(\theta, \phi) d\Omega$$

$$D = 4\pi U_{max} / P_{rad}$$

$$G = \eta D$$

$$A_e = \lambda^2 G / (4\pi)$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

30.6 전자기 모델 카드 6: 도파관

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 375/530

$$k_c^2 = (m\pi/a)^2 + (n\pi/b)^2$$

$$\beta = \sqrt{k^2 - k_c^2}$$

$$f_c = \frac{c}{2} \sqrt{(m/a)^2 + (n/b)^2}$$

$$v_p = \omega/\beta$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

30.7 전자기 모델 카드 7: 광학 간섭

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 376/530

$$\begin{aligned}\Delta &= d \sin \theta \\ d \sin \theta &= m \lambda \\ I &= I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \delta \\ \delta &= 2\pi \Delta / \lambda\end{aligned}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

30.8 전자기 모델 카드 8: Gaussian beam

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 377/530

$$w(z) = w_0 \sqrt{1 + (z/z_R)^2}$$

$$z_R = \pi w_0^2 / \lambda$$

$$R(z) = z[1 + (z_R/z)^2]$$

$$\theta \approx \lambda / (\pi w_0)$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 31

양자 모델 카드

31.1 양자 모델 카드 1: 무한우물

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 378/530

$$E_n = \frac{n^2 \pi^2 \hbar^2}{2mL^2}$$

$$\psi_n(x) = \sqrt{2/L} \sin(n\pi x/L)$$

$$n = 1, 2, \dots$$

$$\int_0^L |\psi_n|^2 dx = 1$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

31.2 양자 모델 카드 2: 조화진동자 ladder

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 379/530

$$a = \sqrt{m\omega/(2\hbar)}x + \frac{i}{\sqrt{2m\hbar\omega}}p$$

$$H = \hbar\omega(a^\dagger a + 1/2)$$

$$E_n = \hbar\omega(n + 1/2)$$

$$[a, a^\dagger] = 1$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

31.3 양자 모델 카드 3: 스핀 1/2

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 380/530

$$\begin{aligned} S_i &= \frac{\hbar}{2} \sigma_i \\ [S_i, S_j] &= i\hbar \epsilon_{ijk} S_k \\ \sigma_i \sigma_j &= \delta_{ij} I + i\epsilon_{ijk} \sigma_k \\ P_{\pm} &= \frac{1}{2} (I \pm \hat{n} \cdot \boldsymbol{\sigma}) \end{aligned}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

31.4 양자 모델 카드 4: 터널링 WKB

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 381/530

$$T \approx e^{-2 \int_{x_1}^{x_2} \kappa(x) dx}$$

$$\kappa(x) = \sqrt{2m(V - E)}/\hbar$$

$$\psi \sim \frac{1}{\sqrt{p(x)}} e^{\pm \frac{i}{\hbar} \int p dx}$$

$$p(x) = \sqrt{2m(E - V)}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

31.5 양자 모델 카드 5: 섭동론

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 382/530

$$\begin{aligned}
 E_n^{(1)} &= \langle n^{(0)} | V | n^{(0)} \rangle \\
 |n^{(1)}\rangle &= \sum_{m \neq n} \frac{V_{mn}}{E_n^{(0)} - E_m^{(0)}} |m^{(0)}\rangle \\
 E_n^{(2)} &= \sum_{m \neq n} \frac{|V_{mn}|^2}{E_n^{(0)} - E_m^{(0)}} \\
 H &= H_0 + \lambda V
 \end{aligned}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

31.6 양자 모델 카드 6: 산란

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 383/530

$$\begin{aligned}\frac{d\sigma}{d\Omega} &= |f(\theta, \phi)|^2 \\ f(\theta) &= \frac{1}{2ik} \sum_{\ell} (2\ell + 1)(e^{2i\delta_{\ell}} - 1)P_{\ell}(\cos \theta) \\ \sigma_{tot} &= \frac{4\pi}{k} \operatorname{Im} f(0) \\ S_{\ell} &= e^{2i\delta_{\ell}}\end{aligned}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

31.7 양자 모델 카드 7: 밀도행렬

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 384/530

$$\begin{aligned}\rho &= \sum_i p_i |\psi_i\rangle \langle \psi_i| \\ \langle A \rangle &= \text{Tr}(\rho A) \\ S &= -k_B \text{Tr} \rho \ln \rho \\ i\hbar \dot{\rho} &= [H, \rho]\end{aligned}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

31.8 양자 모델 카드 8: 경로적분

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 385/530

$$K(b, a) = \int \mathcal{D}q e^{iS[q]/\hbar}$$

$$S[q] = \int L(q, \dot{q}, t) dt$$

$$Z = \int \mathcal{D}\phi e^{-S_E[\phi]/\hbar}$$

$$\langle O \rangle = Z^{-1} \int \mathcal{D}\phi O e^{-S_E/\hbar}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 32

화학 모델 카드

32.1 화학 모델 카드 1: pH 완충용액

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 386/530

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

$$\beta = \frac{dC_b}{d(pH)}$$

$$pH \approx pK_a \text{ at half equivalence}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

32.2 화학 모델 카드 2: 전기화학

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 387/530

$$E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln Q$$

$$\Delta G = -nFE$$

$$i = nFAr$$

$$\eta = E - E_{eq}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

32.3 화학 모델 카드 3: 기체 혼합물

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 388/530

$$\begin{aligned}p_i &= y_i P \\V_i &= y_i V \\ \bar{M} &= \sum y_i M_i \\ \rho &= P\bar{M}/(RT)\end{aligned}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

32.4 화학 모델 카드 4: 상평형

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 389/530

$$\begin{aligned}\mu_i^\alpha &= \mu_i^\beta \\ f_i^V &= f_i^L \\ K_i &= y_i/x_i \\ \sum_i y_i &= \sum_i x_i = 1\end{aligned}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

32.5 화학 모델 카드 5: 흡착

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 390/530

$$\begin{aligned}\theta &= \frac{KP}{1 + KP} \\ q &= q_{max}\theta \\ \ln K &= -\Delta H_{ads}/RT + C \\ r &= k\theta_A\theta_B\end{aligned}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

32.6 화학 모델 카드 6: 분광학

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 391/530

$$\begin{aligned}E &= h\nu = hc/\lambda \\A &= \epsilon bc \\ \Delta E &= E_2 - E_1 \\ \tilde{\nu} &= 1/\lambda\end{aligned}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

32.7 화학 모델 카드 7: 고분자

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 392/530

$$M_n = \frac{\sum N_i M_i}{\sum N_i}$$

$$M_w = \frac{\sum N_i M_i^2}{\sum N_i M_i}$$

$$= M_w / M_n$$

$$R_g^2 = \frac{1}{N} \sum_i |r_i - r_{cm}|^2$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

32.8 화학 모델 카드 8: 결정과 Bragg

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 393/530

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

$$d_{hkl}^{-2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} \quad \text{cubic}$$

$$\mathbf{G} = h\mathbf{b}_1 + k\mathbf{b}_2 + l\mathbf{b}_3$$

$$\Delta \mathbf{k} = \mathbf{G}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 33

공학 설계 카드

33.1 공학 설계 카드 1: Buckling check

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 394/530

$$P_{cr} = \pi^2 EI / (KL)^2$$

$$\lambda = KL / r_g$$

$$\sigma = P / A$$

$$n = P_{cr} / P_{service}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

33.2 공학 설계 카드 2: Heat exchanger

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 395/530

$$q = UA\Delta T_{lm}$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1/\Delta T_2)}$$

$$\epsilon = q/q_{max}$$

$$NTU = UA/C_{min}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

33.3 공학 설계 카드 3: Pump and pipe

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 396/530

$$\Delta p = f \frac{L}{D} \frac{\rho V^2}{2}$$

$$P = \Delta p Q / \eta$$

$$Re = \rho V D / \mu$$

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

33.4 공학 설계 카드 4: Battery

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 397/530

$$\begin{aligned}E &= QV \\C_{rate} &= I/Q_{cap} \\SOC(t) &= SOC_0 - \frac{1}{Q_{cap}} \int I dt \\P &= VI\end{aligned}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

33.5 공학 설계 카드 5: Motor

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 398/530

$$T = K_t I$$

$$e_b = K_e \omega$$

$$V = IR + L\dot{I} + e_b$$

$$P_m = T\omega$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

33.6 공학 설계 카드 6: Power system

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 399/530

$$\begin{aligned} S &= P + jQ \\ S &= VI^* \\ P_{loss} &= I^2 R \\ \Delta V &\approx (RP + XQ)/V \end{aligned}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

33.7 공학 설계 카드 7: Semiconductor carrier

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 400/530

$$\begin{aligned}np &= n_i^2 \\n &= N_C e^{-(E_C - E_F)/k_B T} \\p &= N_V e^{-(E_F - E_V)/k_B T} \\J &= q\mu n E + qD\nabla n\end{aligned}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

33.8 공학 설계 카드 8: Control discretization

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 401/530

$$x_{k+1} = A_d x_k + B_d u_k$$

$$A_d = e^{AT}$$

$$B_d = \int_0^T e^{A\tau} B d\tau$$

$$z = e^{sT}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

33.9 공학 설계 카드 9: Network queue

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 402/530

$$\begin{aligned}\rho &= \lambda/\mu \\ L &= \lambda W \\ W_{M/M/1} &= 1/(\mu - \lambda) \\ P_0 &= 1 - \rho\end{aligned}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

33.10 공학 설계 카드 10: Optimization KKT

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 403/530

$$\begin{aligned}\nabla f(x^*) + \sum_i \lambda_i \nabla g_i(x^*) &= 0 \\ g_i(x^*) &\leq 0 \\ \lambda_i &\geq 0 \\ \lambda_i g_i(x^*) &= 0\end{aligned}$$

핵심 생각 같은 수식 구조가 물리 모델과 공학 설계에서 반복된다.

예시 예시: 모델을 세운 뒤 무차원수, 보존식, 경계조건, 안정조건을 차례로 확인한다.

주의 정의역, 경계조건, 근사조건을 먼저 확인한다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

Chapter 34

연구자용 반복 구조 공식 카드

34.1 반복 구조 카드 001: 선형화

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 404/530

$$f(x) \approx f(x_0) + J(x_0)(x - x_0)$$

$$J_{ij} = \partial f_i / \partial x_j$$

$$\delta \dot{x} = A \delta x + B \delta u$$

$\lambda(A)$ controls local stability

card = 1

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.2 반복 구조 카드 002: 무차원화

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 405/530

$$\begin{aligned}x &= Lx^* \\ t &= Tt^* \\ u &= Uu^* \\ \Pi_i &= \prod_j x_j^{a_{ij}} \\ \text{card} &= 2\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.3 반복 구조 카드 003: 보존식

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 406/530

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt} \int_V \rho \phi dV &= - \int_{\partial V} \rho \phi \mathbf{v} \cdot d\mathbf{A} + \int_V S_\phi dV \\ \partial_t(\rho \phi) + \nabla \cdot (\rho \phi \mathbf{v}) &= S_\phi \\ \phi = 1 &\Rightarrow \text{mass} \\ \phi = \mathbf{v} &\Rightarrow \text{momentum} \\ \text{card} &= 3\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.4 반복 구조 카드 004: 고유값

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 407/530

$$\begin{aligned} A\mathbf{v} &= \lambda\mathbf{v} \\ \det(A - \lambda I) &= 0 \\ A &= V\Lambda V^{-1} \\ e^{At} &= V e^{\Lambda t} V^{-1} \\ \text{card} &= 4 \end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.5 반복 구조 카드 005: 최소제곱

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 408/530

$$\begin{aligned}\hat{\beta} &= (X^T X)^{-1} X^T y \\ r &= y - X \hat{\beta} \\ J &= \|r\|_2^2 \\ X^T r &= 0 \\ \text{card} &= 5\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.6 반복 구조 카드 006: Bayes

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 409/530

$$p(\theta|D) = \frac{p(D|\theta)p(\theta)}{p(D)}$$

$$p(D) = \int p(D|\theta)p(\theta)d\theta$$

$$\hat{\theta}_{MAP} = \arg \max p(\theta|D)$$

$$\hat{\theta}_{MLE} = \arg \max p(D|\theta)$$

$$\text{card} = 6$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.7 반복 구조 카드 007: 분산전파

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 410/530

$$\sigma_y^2 \approx \nabla f^T \Sigma_x \nabla f$$

$$\Sigma_y \approx J \Sigma_x J^T$$

$$u_c^2 = \sum_i (\partial f / \partial x_i)^2 u_i^2$$

$k = 2 \Rightarrow$ expanded uncertainty approx

card = 7

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.8 반복 구조 카드 008: 스케일 법칙

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 411/530

$$\begin{aligned}F_D &\sim \rho U^2 L^2 \\F_\mu &\sim \mu U L \\Re &= F_D / F_\mu \\t_D &\sim L^2 / D \\ \text{card} &= 8\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.9 반복 구조 카드 009: 안정성

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 412/530

$$\begin{aligned}\dot{x} &= f(x) \\ V(x) &> 0 \\ \dot{V}(x) &\leq 0 \\ \dot{V} < 0 &\Rightarrow \text{asymptotic stability} \\ \text{card} &= 9\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.10 반복 구조 카드 010: 에너지 방법

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 413/530

$$T + V = E$$

$$\delta W = \mathbf{F} \cdot \delta \mathbf{r}$$

$$\Pi = U - W$$

$$\delta \Pi = 0 \Rightarrow \text{equilibrium}$$

$$\text{card} = 10$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.11 반복 구조 카드 011: 경계값 문제

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 414/530

$$Lu = f \text{ in } \Omega$$
$$u = g \text{ on } \partial\Omega_D$$
$$\partial_n u = h \text{ on } \partial\Omega_N$$
$$a(u, v) = \ell(v)$$
$$\text{card} = 11$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.12 반복 구조 카드 012: 유한차분

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 415/530

$$f'(x) \approx \frac{f(x+h) - f(x-h)}{2h}$$

$$f''(x) \approx \frac{f(x+h) - 2f(x) + f(x-h)}{h^2}$$

$O(h^2)$ central

$$\kappa(A) = \|A\| \|A^{-1}\|$$

card = 12

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.13 반복 구조 카드 013: 선형화

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 416/530

$$f(x) \approx f(x_0) + J(x_0)(x - x_0)$$

$$J_{ij} = \partial f_i / \partial x_j$$

$$\delta \dot{x} = A \delta x + B \delta u$$

$\lambda(A)$ controls local stability

card = 13

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.14 반복 구조 카드 014: 무차원화

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 417/530

$$\begin{aligned}x &= Lx^* \\t &= Tt^* \\u &= Uu^* \\ \Pi_i &= \prod_j x_j^{a_{ij}} \\ \text{card} &= 14\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.15 반복 구조 카드 015: 보존식

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 418/530

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt} \int_V \rho \phi dV &= - \int_{\partial V} \rho \phi \mathbf{v} \cdot d\mathbf{A} + \int_V S_\phi dV \\ \partial_t(\rho \phi) + \nabla \cdot (\rho \phi \mathbf{v}) &= S_\phi \\ \phi = 1 &\Rightarrow \text{mass} \\ \phi = \mathbf{v} &\Rightarrow \text{momentum} \\ \text{card} &= 15\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.16 반복 구조 카드 016: 고유값

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 419/530

$$\begin{aligned} A\mathbf{v} &= \lambda\mathbf{v} \\ \det(A - \lambda I) &= 0 \\ A &= V\Lambda V^{-1} \\ e^{At} &= V e^{\Lambda t} V^{-1} \\ \text{card} &= 16 \end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.17 반복 구조 카드 017: 최소제곱

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 420/530

$$\begin{aligned}\hat{\beta} &= (X^T X)^{-1} X^T y \\ r &= y - X \hat{\beta} \\ J &= \|r\|_2^2 \\ X^T r &= 0 \\ \text{card} &= 17\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.18 반복 구조 카드 018: Bayes

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 421/530

$$p(\theta|D) = \frac{p(D|\theta)p(\theta)}{p(D)}$$

$$p(D) = \int p(D|\theta)p(\theta)d\theta$$

$$\hat{\theta}_{MAP} = \arg \max p(\theta|D)$$

$$\hat{\theta}_{MLE} = \arg \max p(D|\theta)$$

$$\text{card} = 18$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.19 반복 구조 카드 019: 분산전파

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 422/530

$$\sigma_y^2 \approx \nabla f^T \Sigma_x \nabla f$$

$$\Sigma_y \approx J \Sigma_x J^T$$

$$u_c^2 = \sum_i (\partial f / \partial x_i)^2 u_i^2$$

$k = 2 \Rightarrow$ expanded uncertainty approx

card = 19

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.20 반복 구조 카드 020: 스케일 법칙

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 423/530

$$\begin{aligned}F_D &\sim \rho U^2 L^2 \\F_\mu &\sim \mu U L \\Re &= F_D / F_\mu \\t_D &\sim L^2 / D \\card &= 20\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.21 반복 구조 카드 021: 안정성

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 424/530

$$\begin{aligned}\dot{x} &= f(x) \\ V(x) &> 0 \\ \dot{V}(x) &\leq 0 \\ \dot{V} < 0 &\Rightarrow \text{asymptotic stability} \\ \text{card} &= 21\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.22 반복 구조 카드 022: 에너지 방법

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 425/530

$$T + V = E$$

$$\delta W = \mathbf{F} \cdot \delta \mathbf{r}$$

$$\Pi = U - W$$

$$\delta \Pi = 0 \Rightarrow \text{equilibrium}$$

$$\text{card} = 22$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.23 반복 구조 카드 023: 경계값 문제

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 426/530

$$\begin{aligned}Lu &= f \text{ in } \Omega \\u &= g \text{ on } \partial\Omega_D \\\partial_n u &= h \text{ on } \partial\Omega_N \\a(u, v) &= \ell(v) \\\text{card} &= 23\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.24 반복 구조 카드 024: 유한차분

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 427/530

$$f'(x) \approx \frac{f(x+h) - f(x-h)}{2h}$$

$$f''(x) \approx \frac{f(x+h) - 2f(x) + f(x-h)}{h^2}$$

$O(h^2)$ central

$$\kappa(A) = \|A\| \|A^{-1}\|$$

$$\text{card} = 24$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.25 반복 구조 카드 025: 선형화

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 428/530

$$f(x) \approx f(x_0) + J(x_0)(x - x_0)$$

$$J_{ij} = \partial f_i / \partial x_j$$

$$\delta \dot{x} = A \delta x + B \delta u$$

$\lambda(A)$ controls local stability

card = 25

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.26 반복 구조 카드 026: 무차원화

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 429/530

$$x = Lx^*$$
$$t = Tt^*$$
$$u = Uu^*$$
$$\Pi_i = \prod_j x_j^{a_{ij}}$$
$$\text{card} = 26$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.27 반복 구조 카드 027: 보존식

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 430/530

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt} \int_V \rho \phi dV &= - \int_{\partial V} \rho \phi \mathbf{v} \cdot d\mathbf{A} + \int_V S_\phi dV \\ \partial_t(\rho \phi) + \nabla \cdot (\rho \phi \mathbf{v}) &= S_\phi \\ \phi = 1 &\Rightarrow \text{mass} \\ \phi = \mathbf{v} &\Rightarrow \text{momentum} \\ \text{card} &= 27\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.28 반복 구조 카드 028: 고유값

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 431/530

$$\begin{aligned} A\mathbf{v} &= \lambda\mathbf{v} \\ \det(A - \lambda I) &= 0 \\ A &= V\Lambda V^{-1} \\ e^{At} &= V e^{\Lambda t} V^{-1} \\ \text{card} &= 28 \end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.29 반복 구조 카드 029: 최소제곱

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 432/530

$$\begin{aligned}\hat{\beta} &= (X^T X)^{-1} X^T y \\ r &= y - X \hat{\beta} \\ J &= \|r\|_2^2 \\ X^T r &= 0 \\ \text{card} &= 29\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.30 반복 구조 카드 030: Bayes

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 433/530

$$p(\theta|D) = \frac{p(D|\theta)p(\theta)}{p(D)}$$

$$p(D) = \int p(D|\theta)p(\theta)d\theta$$

$$\hat{\theta}_{MAP} = \arg \max p(\theta|D)$$

$$\hat{\theta}_{MLE} = \arg \max p(D|\theta)$$

$$\text{card} = 30$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.31 반복 구조 카드 031: 분산전파

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 434/530

$$\sigma_y^2 \approx \nabla f^T \Sigma_x \nabla f$$

$$\Sigma_y \approx J \Sigma_x J^T$$

$$u_c^2 = \sum_i (\partial f / \partial x_i)^2 u_i^2$$

$k = 2 \Rightarrow$ expanded uncertainty approx

card = 31

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.32 반복 구조 카드 032: 스케일 법칙

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 435/530

$$F_D \sim \rho U^2 L^2$$
$$F_\mu \sim \mu U L$$
$$Re = F_D / F_\mu$$
$$t_D \sim L^2 / D$$
$$\text{card} = 32$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.33 반복 구조 카드 033: 안정성

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 436/530

$$\begin{aligned}\dot{x} &= f(x) \\ V(x) &> 0 \\ \dot{V}(x) &\leq 0 \\ \dot{V} < 0 &\Rightarrow \text{asymptotic stability} \\ \text{card} &= 33\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.34 반복 구조 카드 034: 에너지 방법

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 437/530

$$T + V = E$$

$$\delta W = \mathbf{F} \cdot \delta \mathbf{r}$$

$$\Pi = U - W$$

$$\delta \Pi = 0 \Rightarrow \text{equilibrium}$$

$$\text{card} = 34$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.35 반복 구조 카드 035: 경계값 문제

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 438/530

$$Lu = f \text{ in } \Omega$$
$$u = g \text{ on } \partial\Omega_D$$
$$\partial_n u = h \text{ on } \partial\Omega_N$$
$$a(u, v) = \ell(v)$$
$$\text{card} = 35$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.36 반복 구조 카드 036: 유한차분

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 439/530

$$f'(x) \approx \frac{f(x+h) - f(x-h)}{2h}$$

$$f''(x) \approx \frac{f(x+h) - 2f(x) + f(x-h)}{h^2}$$

$O(h^2)$ central

$$\kappa(A) = \|A\| \|A^{-1}\|$$

card = 36

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.37 반복 구조 카드 037: 선형화

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 440/530

$$f(x) \approx f(x_0) + J(x_0)(x - x_0)$$

$$J_{ij} = \partial f_i / \partial x_j$$

$$\delta \dot{x} = A \delta x + B \delta u$$

$\lambda(A)$ controls local stability

card = 37

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.38 반복 구조 카드 038: 무차원화

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 441/530

$$x = Lx^*$$
$$t = Tt^*$$
$$u = Uu^*$$
$$\Pi_i = \prod_j x_j^{a_{ij}}$$
$$\text{card} = 38$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.39 반복 구조 카드 039: 보존식

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 442/530

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt} \int_V \rho \phi dV &= - \int_{\partial V} \rho \phi \mathbf{v} \cdot d\mathbf{A} + \int_V S_\phi dV \\ \partial_t(\rho \phi) + \nabla \cdot (\rho \phi \mathbf{v}) &= S_\phi \\ \phi = 1 &\Rightarrow \text{mass} \\ \phi = \mathbf{v} &\Rightarrow \text{momentum} \\ \text{card} &= 39\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.40 반복 구조 카드 040: 고유값

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 443/530

$$\begin{aligned} A\mathbf{v} &= \lambda\mathbf{v} \\ \det(A - \lambda I) &= 0 \\ A &= V\Lambda V^{-1} \\ e^{At} &= V e^{\Lambda t} V^{-1} \\ \text{card} &= 40 \end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.41 반복 구조 카드 041: 최소제곱

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 444/530

$$\begin{aligned}\hat{\beta} &= (X^T X)^{-1} X^T y \\ r &= y - X \hat{\beta} \\ J &= \|r\|_2^2 \\ X^T r &= 0 \\ \text{card} &= 41\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.42 반복 구조 카드 042: Bayes

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 445/530

$$p(\theta|D) = \frac{p(D|\theta)p(\theta)}{p(D)}$$

$$p(D) = \int p(D|\theta)p(\theta)d\theta$$

$$\hat{\theta}_{MAP} = \arg \max p(\theta|D)$$

$$\hat{\theta}_{MLE} = \arg \max p(D|\theta)$$

$$\text{card} = 42$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.43 반복 구조 카드 043: 분산전파

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 446/530

$$\sigma_y^2 \approx \nabla f^T \Sigma_x \nabla f$$

$$\Sigma_y \approx J \Sigma_x J^T$$

$$u_c^2 = \sum_i (\partial f / \partial x_i)^2 u_i^2$$

$k = 2 \Rightarrow$ expanded uncertainty approx

card = 43

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.44 반복 구조 카드 044: 스케일 법칙

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 447/530

$$F_D \sim \rho U^2 L^2$$
$$F_\mu \sim \mu U L$$
$$Re = F_D / F_\mu$$
$$t_D \sim L^2 / D$$

card = 44

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.45 반복 구조 카드 045: 안정성

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 448/530

$$\begin{aligned}\dot{x} &= f(x) \\ V(x) &> 0 \\ \dot{V}(x) &\leq 0 \\ \dot{V} < 0 &\Rightarrow \text{asymptotic stability} \\ \text{card} &= 45\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.46 반복 구조 카드 046: 에너지 방법

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 449/530

$$T + V = E$$

$$\delta W = \mathbf{F} \cdot \delta \mathbf{r}$$

$$\Pi = U - W$$

$$\delta \Pi = 0 \Rightarrow \text{equilibrium}$$

$$\text{card} = 46$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.47 반복 구조 카드 047: 경계값 문제

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 450/530

$$Lu = f \text{ in } \Omega$$
$$u = g \text{ on } \partial\Omega_D$$
$$\partial_n u = h \text{ on } \partial\Omega_N$$
$$a(u, v) = \ell(v)$$
$$\text{card} = 47$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.48 반복 구조 카드 048: 유한차분

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 451/530

$$f'(x) \approx \frac{f(x+h) - f(x-h)}{2h}$$

$$f''(x) \approx \frac{f(x+h) - 2f(x) + f(x-h)}{h^2}$$

$O(h^2)$ central

$$\kappa(A) = \|A\| \|A^{-1}\|$$

card = 48

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.49 반복 구조 카드 049: 선형화

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 452/530

$$f(x) \approx f(x_0) + J(x_0)(x - x_0)$$

$$J_{ij} = \partial f_i / \partial x_j$$

$$\delta \dot{x} = A \delta x + B \delta u$$

$\lambda(A)$ controls local stability

card = 49

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.50 반복 구조 카드 050: 무차원화

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 453/530

$$\begin{aligned}x &= Lx^* \\ t &= Tt^* \\ u &= Uu^* \\ \Pi_i &= \prod_j x_j^{a_{ij}} \\ \text{card} &= 50\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.51 반복 구조 카드 051: 보존식

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 454/530

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt} \int_V \rho \phi dV &= - \int_{\partial V} \rho \phi \mathbf{v} \cdot d\mathbf{A} + \int_V S_\phi dV \\ \partial_t(\rho \phi) + \nabla \cdot (\rho \phi \mathbf{v}) &= S_\phi \\ \phi = 1 &\Rightarrow \text{mass} \\ \phi = \mathbf{v} &\Rightarrow \text{momentum} \\ \text{card} &= 51\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.52 반복 구조 카드 052: 고유값

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 455/530

$$\begin{aligned} A\mathbf{v} &= \lambda\mathbf{v} \\ \det(A - \lambda I) &= 0 \\ A &= V\Lambda V^{-1} \\ e^{At} &= V e^{\Lambda t} V^{-1} \\ \text{card} &= 52 \end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.53 반복 구조 카드 053: 최소제곱

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 456/530

$$\begin{aligned}\hat{\beta} &= (X^T X)^{-1} X^T y \\ r &= y - X \hat{\beta} \\ J &= \|r\|_2^2 \\ X^T r &= 0 \\ \text{card} &= 53\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.54 반복 구조 카드 054: Bayes

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 457/530

$$p(\theta|D) = \frac{p(D|\theta)p(\theta)}{p(D)}$$

$$p(D) = \int p(D|\theta)p(\theta)d\theta$$

$$\hat{\theta}_{MAP} = \arg \max p(\theta|D)$$

$$\hat{\theta}_{MLE} = \arg \max p(D|\theta)$$

$$\text{card} = 54$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.55 반복 구조 카드 055: 분산전파

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 458/530

$$\sigma_y^2 \approx \nabla f^T \Sigma_x \nabla f$$

$$\Sigma_y \approx J \Sigma_x J^T$$

$$u_c^2 = \sum_i (\partial f / \partial x_i)^2 u_i^2$$

$k = 2 \Rightarrow$ expanded uncertainty approx

card = 55

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.56 반복 구조 카드 056: 스케일 법칙

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 459/530

$$F_D \sim \rho U^2 L^2$$
$$F_\mu \sim \mu U L$$
$$Re = F_D / F_\mu$$
$$t_D \sim L^2 / D$$

card = 56

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.57 반복 구조 카드 057: 안정성

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 460/530

$$\begin{aligned}\dot{x} &= f(x) \\ V(x) &> 0 \\ \dot{V}(x) &\leq 0 \\ \dot{V} < 0 &\Rightarrow \text{asymptotic stability} \\ \text{card} &= 57\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.58 반복 구조 카드 058: 에너지 방법

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 461/530

$$T + V = E$$

$$\delta W = \mathbf{F} \cdot \delta \mathbf{r}$$

$$\Pi = U - W$$

$$\delta \Pi = 0 \Rightarrow \text{equilibrium}$$

$$\text{card} = 58$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.59 반복 구조 카드 059: 경계값 문제

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 462/530

$$\begin{aligned} Lu &= f \text{ in } \Omega \\ u &= g \text{ on } \partial\Omega_D \\ \partial_n u &= h \text{ on } \partial\Omega_N \\ a(u, v) &= \ell(v) \\ \text{card} &= 59 \end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.60 반복 구조 카드 060: 유한차분

난이도: 초급-연구자
태그: atlas

카드: 463/530

$$f'(x) \approx \frac{f(x+h) - f(x-h)}{2h}$$

$$f''(x) \approx \frac{f(x+h) - 2f(x) + f(x-h)}{h^2}$$

$O(h^2)$ central

$$\kappa(A) = \|A\| \|A^{-1}\|$$

card = 60

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.61 반복 구조 카드 061: 선형화

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 464/530

$$f(x) \approx f(x_0) + J(x_0)(x - x_0)$$

$$J_{ij} = \partial f_i / \partial x_j$$

$$\delta \dot{x} = A \delta x + B \delta u$$

$\lambda(A)$ controls local stability

card = 61

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.62 반복 구조 카드 062: 무차원화

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 465/530

$$\begin{aligned}x &= Lx^* \\ t &= Tt^* \\ u &= Uu^* \\ \Pi_i &= \prod_j x_j^{a_{ij}} \\ \text{card} &= 62\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.63 반복 구조 카드 063: 보존식

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 466/530

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt} \int_V \rho \phi dV &= - \int_{\partial V} \rho \phi \mathbf{v} \cdot d\mathbf{A} + \int_V S_\phi dV \\ \partial_t(\rho \phi) + \nabla \cdot (\rho \phi \mathbf{v}) &= S_\phi \\ \phi = 1 &\Rightarrow \text{mass} \\ \phi = \mathbf{v} &\Rightarrow \text{momentum} \\ \text{card} &= 63\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.64 반복 구조 카드 064: 고유값

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 467/530

$$\begin{aligned} A\mathbf{v} &= \lambda\mathbf{v} \\ \det(A - \lambda I) &= 0 \\ A &= V\Lambda V^{-1} \\ e^{At} &= V e^{\Lambda t} V^{-1} \\ \text{card} &= 64 \end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.65 반복 구조 카드 065: 최소제곱

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 468/530

$$\begin{aligned}\hat{\beta} &= (X^T X)^{-1} X^T y \\ r &= y - X \hat{\beta} \\ J &= \|r\|_2^2 \\ X^T r &= 0 \\ \text{card} &= 65\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.66 반복 구조 카드 066: Bayes

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 469/530

$$p(\theta|D) = \frac{p(D|\theta)p(\theta)}{p(D)}$$

$$p(D) = \int p(D|\theta)p(\theta)d\theta$$

$$\hat{\theta}_{MAP} = \arg \max p(\theta|D)$$

$$\hat{\theta}_{MLE} = \arg \max p(D|\theta)$$

$$\text{card} = 66$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.67 반복 구조 카드 067: 분산전파

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 470/530

$$\sigma_y^2 \approx \nabla f^T \Sigma_x \nabla f$$

$$\Sigma_y \approx J \Sigma_x J^T$$

$$u_c^2 = \sum_i (\partial f / \partial x_i)^2 u_i^2$$

$k = 2 \Rightarrow$ expanded uncertainty approx

card = 67

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.68 반복 구조 카드 068: 스케일 법칙

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 471/530

$$F_D \sim \rho U^2 L^2$$
$$F_\mu \sim \mu U L$$
$$Re = F_D / F_\mu$$
$$t_D \sim L^2 / D$$

card = 68

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.69 반복 구조 카드 069: 안정성

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 472/530

$$\begin{aligned}\dot{x} &= f(x) \\ V(x) &> 0 \\ \dot{V}(x) &\leq 0 \\ \dot{V} < 0 &\Rightarrow \text{asymptotic stability} \\ \text{card} &= 69\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.70 반복 구조 카드 070: 에너지 방법

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 473/530

$$T + V = E$$

$$\delta W = \mathbf{F} \cdot \delta \mathbf{r}$$

$$\Pi = U - W$$

$$\delta \Pi = 0 \Rightarrow \text{equilibrium}$$

$$\text{card} = 70$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.71 반복 구조 카드 071: 경계값 문제

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 474/530

$$\begin{aligned} Lu &= f \text{ in } \Omega \\ u &= g \text{ on } \partial\Omega_D \\ \partial_n u &= h \text{ on } \partial\Omega_N \\ a(u, v) &= \ell(v) \\ \text{card} &= 71 \end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.72 반복 구조 카드 072: 유한차분

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 475/530

$$f'(x) \approx \frac{f(x+h) - f(x-h)}{2h}$$

$$f''(x) \approx \frac{f(x+h) - 2f(x) + f(x-h)}{h^2}$$

$O(h^2)$ central

$$\kappa(A) = \|A\| \|A^{-1}\|$$

card = 72

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.73 반복 구조 카드 073: 선형화

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 476/530

$$f(x) \approx f(x_0) + J(x_0)(x - x_0)$$

$$J_{ij} = \partial f_i / \partial x_j$$

$$\delta \dot{x} = A \delta x + B \delta u$$

$\lambda(A)$ controls local stability

card = 73

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.74 반복 구조 카드 074: 무차원화

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 477/530

$$\begin{aligned}x &= Lx^* \\ t &= Tt^* \\ u &= Uu^* \\ \Pi_i &= \prod_j x_j^{a_{ij}} \\ \text{card} &= 74\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.75 반복 구조 카드 075: 보존식

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 478/530

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt} \int_V \rho \phi dV &= - \int_{\partial V} \rho \phi \mathbf{v} \cdot d\mathbf{A} + \int_V S_\phi dV \\ \partial_t(\rho \phi) + \nabla \cdot (\rho \phi \mathbf{v}) &= S_\phi \\ \phi = 1 &\Rightarrow \text{mass} \\ \phi = \mathbf{v} &\Rightarrow \text{momentum} \\ \text{card} &= 75\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.76 반복 구조 카드 076: 고유값

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 479/530

$$\begin{aligned} A\mathbf{v} &= \lambda\mathbf{v} \\ \det(A - \lambda I) &= 0 \\ A &= V\Lambda V^{-1} \\ e^{At} &= V e^{\Lambda t} V^{-1} \\ \text{card} &= 76 \end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.77 반복 구조 카드 077: 최소제곱

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 480/530

$$\begin{aligned}\hat{\beta} &= (X^T X)^{-1} X^T y \\ r &= y - X \hat{\beta} \\ J &= \|r\|_2^2 \\ X^T r &= 0 \\ \text{card} &= 77\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.78 반복 구조 카드 078: Bayes

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 481/530

$$p(\theta|D) = \frac{p(D|\theta)p(\theta)}{p(D)}$$

$$p(D) = \int p(D|\theta)p(\theta)d\theta$$

$$\hat{\theta}_{MAP} = \arg \max p(\theta|D)$$

$$\hat{\theta}_{MLE} = \arg \max p(D|\theta)$$

$$\text{card} = 78$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.79 반복 구조 카드 079: 분산전파

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 482/530

$$\sigma_y^2 \approx \nabla f^T \Sigma_x \nabla f$$

$$\Sigma_y \approx J \Sigma_x J^T$$

$$u_c^2 = \sum_i (\partial f / \partial x_i)^2 u_i^2$$

$k = 2 \Rightarrow$ expanded uncertainty approx

card = 79

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.80 반복 구조 카드 080: 스케일 법칙

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 483/530

$$\begin{aligned}F_D &\sim \rho U^2 L^2 \\F_\mu &\sim \mu U L \\Re &= F_D / F_\mu \\t_D &\sim L^2 / D \\ \text{card} &= 80\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.81 반복 구조 카드 081: 안정성

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 484/530

$$\begin{aligned}\dot{x} &= f(x) \\ V(x) &> 0 \\ \dot{V}(x) &\leq 0 \\ \dot{V} < 0 &\Rightarrow \text{asymptotic stability} \\ \text{card} &= 81\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.82 반복 구조 카드 082: 에너지 방법

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 485/530

$$T + V = E$$

$$\delta W = \mathbf{F} \cdot \delta \mathbf{r}$$

$$\Pi = U - W$$

$$\delta \Pi = 0 \Rightarrow \text{equilibrium}$$

$$\text{card} = 82$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.83 반복 구조 카드 083: 경계값 문제

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 486/530

$$\begin{aligned} Lu &= f \text{ in } \Omega \\ u &= g \text{ on } \partial\Omega_D \\ \partial_n u &= h \text{ on } \partial\Omega_N \\ a(u, v) &= \ell(v) \\ \text{card} &= 83 \end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.84 반복 구조 카드 084: 유한차분

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 487/530

$$f'(x) \approx \frac{f(x+h) - f(x-h)}{2h}$$

$$f''(x) \approx \frac{f(x+h) - 2f(x) + f(x-h)}{h^2}$$

$O(h^2)$ central

$$\kappa(A) = \|A\| \|A^{-1}\|$$

card = 84

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.85 반복 구조 카드 085: 선형화

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 488/530

$$f(x) \approx f(x_0) + J(x_0)(x - x_0)$$

$$J_{ij} = \partial f_i / \partial x_j$$

$$\delta \dot{x} = A \delta x + B \delta u$$

$\lambda(A)$ controls local stability

card = 85

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.86 반복 구조 카드 086: 무차원화

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 489/530

$$\begin{aligned}x &= Lx^* \\ t &= Tt^* \\ u &= Uu^* \\ \Pi_i &= \prod_j x_j^{a_{ij}} \\ \text{card} &= 86\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.87 반복 구조 카드 087: 보존식

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 490/530

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt} \int_V \rho \phi dV &= - \int_{\partial V} \rho \phi \mathbf{v} \cdot d\mathbf{A} + \int_V S_\phi dV \\ \partial_t(\rho \phi) + \nabla \cdot (\rho \phi \mathbf{v}) &= S_\phi \\ \phi = 1 &\Rightarrow \text{mass} \\ \phi = \mathbf{v} &\Rightarrow \text{momentum} \\ \text{card} &= 87\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.88 반복 구조 카드 088: 고유값

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 491/530

$$\begin{aligned} A\mathbf{v} &= \lambda\mathbf{v} \\ \det(A - \lambda I) &= 0 \\ A &= V\Lambda V^{-1} \\ e^{At} &= V e^{\Lambda t} V^{-1} \\ \text{card} &= 88 \end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.89 반복 구조 카드 089: 최소제곱

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 492/530

$$\begin{aligned}\hat{\beta} &= (X^T X)^{-1} X^T y \\ r &= y - X \hat{\beta} \\ J &= \|r\|_2^2 \\ X^T r &= 0 \\ \text{card} &= 89\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.90 반복 구조 카드 090: Bayes

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 493/530

$$p(\theta|D) = \frac{p(D|\theta)p(\theta)}{p(D)}$$

$$p(D) = \int p(D|\theta)p(\theta)d\theta$$

$$\hat{\theta}_{MAP} = \arg \max p(\theta|D)$$

$$\hat{\theta}_{MLE} = \arg \max p(D|\theta)$$

$$\text{card} = 90$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.91 반복 구조 카드 091: 분산전파

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 494/530

$$\sigma_y^2 \approx \nabla f^T \Sigma_x \nabla f$$

$$\Sigma_y \approx J \Sigma_x J^T$$

$$u_c^2 = \sum_i (\partial f / \partial x_i)^2 u_i^2$$

$k = 2 \Rightarrow$ expanded uncertainty approx

card = 91

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.92 반복 구조 카드 092: 스케일 법칙

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 495/530

$$\begin{aligned}F_D &\sim \rho U^2 L^2 \\F_\mu &\sim \mu U L \\Re &= F_D / F_\mu \\t_D &\sim L^2 / D \\ \text{card} &= 92\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.93 반복 구조 카드 093: 안정성

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 496/530

$$\begin{aligned}\dot{x} &= f(x) \\ V(x) &> 0 \\ \dot{V}(x) &\leq 0 \\ \dot{V} < 0 &\Rightarrow \text{asymptotic stability} \\ \text{card} &= 93\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.94 반복 구조 카드 094: 에너지 방법

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 497/530

$$T + V = E$$

$$\delta W = \mathbf{F} \cdot \delta \mathbf{r}$$

$$\Pi = U - W$$

$$\delta \Pi = 0 \Rightarrow \text{equilibrium}$$

$$\text{card} = 94$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.95 반복 구조 카드 095: 경계값 문제

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 498/530

$$\begin{aligned}Lu &= f \text{ in } \Omega \\u &= g \text{ on } \partial\Omega_D \\\partial_n u &= h \text{ on } \partial\Omega_N \\a(u, v) &= \ell(v) \\\text{card} &= 95\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.96 반복 구조 카드 096: 유한차분

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 499/530

$$f'(x) \approx \frac{f(x+h) - f(x-h)}{2h}$$

$$f''(x) \approx \frac{f(x+h) - 2f(x) + f(x-h)}{h^2}$$

$O(h^2)$ central

$$\kappa(A) = \|A\| \|A^{-1}\|$$

card = 96

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.97 반복 구조 카드 097: 선형화

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 500/530

$$f(x) \approx f(x_0) + J(x_0)(x - x_0)$$

$$J_{ij} = \partial f_i / \partial x_j$$

$$\delta \dot{x} = A \delta x + B \delta u$$

$\lambda(A)$ controls local stability

card = 97

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.98 반복 구조 카드 098: 무차원화

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 501/530

$$\begin{aligned}x &= Lx^* \\ t &= Tt^* \\ u &= Uu^* \\ \Pi_i &= \prod_j x_j^{a_{ij}} \\ \text{card} &= 98\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.99 반복 구조 카드 099: 보존식

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 502/530

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt} \int_V \rho \phi dV &= - \int_{\partial V} \rho \phi \mathbf{v} \cdot d\mathbf{A} + \int_V S_\phi dV \\ \partial_t(\rho \phi) + \nabla \cdot (\rho \phi \mathbf{v}) &= S_\phi \\ \phi = 1 &\Rightarrow \text{mass} \\ \phi = \mathbf{v} &\Rightarrow \text{momentum} \\ \text{card} &= 99\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.100 반복 구조 카드 100: 고유값

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 503/530

$$\begin{aligned} A\mathbf{v} &= \lambda\mathbf{v} \\ \det(A - \lambda I) &= 0 \\ A &= V\Lambda V^{-1} \\ e^{At} &= V e^{\Lambda t} V^{-1} \\ \text{card} &= 100 \end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.101 반복 구조 카드 101: 최소제곱

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 504/530

$$\begin{aligned}\hat{\beta} &= (X^T X)^{-1} X^T y \\ r &= y - X \hat{\beta} \\ J &= \|r\|_2^2 \\ X^T r &= 0 \\ \text{card} &= 101\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.102 반복 구조 카드 102: Bayes

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 505/530

$$p(\theta|D) = \frac{p(D|\theta)p(\theta)}{p(D)}$$

$$p(D) = \int p(D|\theta)p(\theta)d\theta$$

$$\hat{\theta}_{MAP} = \arg \max p(\theta|D)$$

$$\hat{\theta}_{MLE} = \arg \max p(D|\theta)$$

$$\text{card} = 102$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.103 반복 구조 카드 103: 분산전파

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 506/530

$$\sigma_y^2 \approx \nabla f^T \Sigma_x \nabla f$$

$$\Sigma_y \approx J \Sigma_x J^T$$

$$u_c^2 = \sum_i (\partial f / \partial x_i)^2 u_i^2$$

$k = 2 \Rightarrow$ expanded uncertainty approx

card = 103

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.104 반복 구조 카드 104: 스케일 법칙

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 507/530

$$F_D \sim \rho U^2 L^2$$
$$F_\mu \sim \mu U L$$
$$Re = F_D / F_\mu$$
$$t_D \sim L^2 / D$$

card = 104

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.105 반복 구조 카드 105: 안정성

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 508/530

$$\begin{aligned}\dot{x} &= f(x) \\ V(x) &> 0 \\ \dot{V}(x) &\leq 0 \\ \dot{V} < 0 &\Rightarrow \text{asymptotic stability} \\ \text{card} &= 105\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.106 반복 구조 카드 106: 에너지 방법

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 509/530

$$T + V = E$$

$$\delta W = \mathbf{F} \cdot \delta \mathbf{r}$$

$$\Pi = U - W$$

$$\delta \Pi = 0 \Rightarrow \text{equilibrium}$$

$$\text{card} = 106$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.107 반복 구조 카드 107: 경계값 문제

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 510/530

$$Lu = f \text{ in } \Omega$$
$$u = g \text{ on } \partial\Omega_D$$
$$\partial_n u = h \text{ on } \partial\Omega_N$$
$$a(u, v) = \ell(v)$$
$$\text{card} = 107$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.108 반복 구조 카드 108: 유한차분

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 511/530

$$f'(x) \approx \frac{f(x+h) - f(x-h)}{2h}$$

$$f''(x) \approx \frac{f(x+h) - 2f(x) + f(x-h)}{h^2}$$

$O(h^2)$ central

$$\kappa(A) = \|A\| \|A^{-1}\|$$

card = 108

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.109 반복 구조 카드 109: 선형화

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 512/530

$$f(x) \approx f(x_0) + J(x_0)(x - x_0)$$

$$J_{ij} = \partial f_i / \partial x_j$$

$$\delta \dot{x} = A \delta x + B \delta u$$

$\lambda(A)$ controls local stability

card = 109

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.110 반복 구조 카드 110: 무차원화

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 513/530

$$\begin{aligned}x &= Lx^* \\t &= Tt^* \\u &= Uu^* \\ \Pi_i &= \prod_j x_j^{a_{ij}} \\ \text{card} &= 110\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.111 반복 구조 카드 111: 보존식

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 514/530

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt} \int_V \rho \phi dV &= - \int_{\partial V} \rho \phi \mathbf{v} \cdot d\mathbf{A} + \int_V S_\phi dV \\ \partial_t(\rho \phi) + \nabla \cdot (\rho \phi \mathbf{v}) &= S_\phi \\ \phi = 1 &\Rightarrow \text{mass} \\ \phi = \mathbf{v} &\Rightarrow \text{momentum} \\ \text{card} &= 111\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.112 반복 구조 카드 112: 고유값

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 515/530

$$\begin{aligned} A\mathbf{v} &= \lambda\mathbf{v} \\ \det(A - \lambda I) &= 0 \\ A &= V\Lambda V^{-1} \\ e^{At} &= V e^{\Lambda t} V^{-1} \\ \text{card} &= 112 \end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.113 반복 구조 카드 113: 최소제곱

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 516/530

$$\begin{aligned}\hat{\beta} &= (X^T X)^{-1} X^T y \\ r &= y - X \hat{\beta} \\ J &= \|r\|_2^2 \\ X^T r &= 0 \\ \text{card} &= 113\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.114 반복 구조 카드 114: Bayes

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 517/530

$$p(\theta|D) = \frac{p(D|\theta)p(\theta)}{p(D)}$$

$$p(D) = \int p(D|\theta)p(\theta)d\theta$$

$$\hat{\theta}_{MAP} = \arg \max p(\theta|D)$$

$$\hat{\theta}_{MLE} = \arg \max p(D|\theta)$$

$$\text{card} = 114$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.115 반복 구조 카드 115: 분산전파

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 518/530

$$\sigma_y^2 \approx \nabla f^T \Sigma_x \nabla f$$

$$\Sigma_y \approx J \Sigma_x J^T$$

$$u_c^2 = \sum_i (\partial f / \partial x_i)^2 u_i^2$$

$k = 2 \Rightarrow$ expanded uncertainty approx

card = 115

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.116 반복 구조 카드 116: 스케일 법칙

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 519/530

$$\begin{aligned}F_D &\sim \rho U^2 L^2 \\F_\mu &\sim \mu U L \\Re &= F_D / F_\mu \\t_D &\sim L^2 / D \\ \text{card} &= 116\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.117 반복 구조 카드 117: 안정성

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 520/530

$$\begin{aligned}\dot{x} &= f(x) \\ V(x) &> 0 \\ \dot{V}(x) &\leq 0 \\ \dot{V} < 0 &\Rightarrow \text{asymptotic stability} \\ \text{card} &= 117\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.118 반복 구조 카드 118: 에너지 방법

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 521/530

$$T + V = E$$

$$\delta W = \mathbf{F} \cdot \delta \mathbf{r}$$

$$\Pi = U - W$$

$$\delta \Pi = 0 \Rightarrow \text{equilibrium}$$

$$\text{card} = 118$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.119 반복 구조 카드 119: 경계값 문제

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 522/530

$$\begin{aligned}Lu &= f \text{ in } \Omega \\u &= g \text{ on } \partial\Omega_D \\\partial_n u &= h \text{ on } \partial\Omega_N \\a(u, v) &= \ell(v) \\\text{card} &= 119\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.120 반복 구조 카드 120: 유한차분

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 523/530

$$f'(x) \approx \frac{f(x+h) - f(x-h)}{2h}$$

$$f''(x) \approx \frac{f(x+h) - 2f(x) + f(x-h)}{h^2}$$

$O(h^2)$ central

$$\kappa(A) = \|A\| \|A^{-1}\|$$

card = 120

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.121 반복 구조 카드 121: 선형화

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 524/530

$$f(x) \approx f(x_0) + J(x_0)(x - x_0)$$

$$J_{ij} = \partial f_i / \partial x_j$$

$$\delta \dot{x} = A \delta x + B \delta u$$

$\lambda(A)$ controls local stability

card = 121

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.122 반복 구조 카드 122: 무차원화

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 525/530

$$\begin{aligned}x &= Lx^* \\ t &= Tt^* \\ u &= Uu^* \\ \Pi_i &= \prod_j x_j^{a_{ij}} \\ \text{card} &= 122\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.123 반복 구조 카드 123: 보존식

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 526/530

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt} \int_V \rho \phi dV &= - \int_{\partial V} \rho \phi \mathbf{v} \cdot d\mathbf{A} + \int_V S_\phi dV \\ \partial_t(\rho \phi) + \nabla \cdot (\rho \phi \mathbf{v}) &= S_\phi \\ \phi = 1 &\Rightarrow \text{mass} \\ \phi = \mathbf{v} &\Rightarrow \text{momentum} \\ \text{card} &= 123\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.124 반복 구조 카드 124: 고유값

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 527/530

$$\begin{aligned} A\mathbf{v} &= \lambda\mathbf{v} \\ \det(A - \lambda I) &= 0 \\ A &= V\Lambda V^{-1} \\ e^{At} &= V e^{\Lambda t} V^{-1} \\ \text{card} &= 124 \end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.125 반복 구조 카드 125: 최소제곱

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 528/530

$$\begin{aligned}\hat{\beta} &= (X^T X)^{-1} X^T y \\ r &= y - X \hat{\beta} \\ J &= \|r\|_2^2 \\ X^T r &= 0 \\ \text{card} &= 125\end{aligned}$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.126 반복 구조 카드 126: Bayes

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 529/530

$$p(\theta|D) = \frac{p(D|\theta)p(\theta)}{p(D)}$$

$$p(D) = \int p(D|\theta)p(\theta)d\theta$$

$$\hat{\theta}_{MAP} = \arg \max p(\theta|D)$$

$$\hat{\theta}_{MLE} = \arg \max p(D|\theta)$$

$$\text{card} = 126$$

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

34.127 반복 구조 카드 127: 분산전파

난이도: 대학-연구자
태그: atlas

카드: 530/530

$$\sigma_y^2 \approx \nabla f^T \Sigma_x \nabla f$$

$$\Sigma_y \approx J \Sigma_x J^T$$

$$u_c^2 = \sum_i (\partial f / \partial x_i)^2 u_i^2$$

$k = 2 \Rightarrow$ expanded uncertainty approx

card = 127

핵심 생각 여러 분야의 식을 외울 때는 개별 공식보다 보존, 선형화, 스케일링, 안정성 구조를 먼저 잡는다.

예시 예시: 열, 유체, 회로, 제어 모델을 같은 미분방정식 꼴로 바꾸어 비교한다.

주의 반복되는 구조라도 변수의 물리적 의미와 단위는 분야마다 다르다.

스스로 확인 위 식에서 독립변수, 종속변수, 단위, 적용조건을 한 문장으로 설명해 보라.

참고자료와 더 공부할 자료

이 문서는 공개 접근 가능한 표준 자료와 강의자료의 범위를 참고해 독자적인 한국어 수식 백과 형태로 재구성했다. 개별 정의와 세부 증명은 원 출처의 최신판을 확인하라.

- OpenStax Calculus Volume 1-3, University Physics Volume 1-3, Chemistry 2e.
- MIT OpenCourseWare: Linear Algebra, Circuits and Electronics, Signals and Systems, Statistical Mechanics, Advanced Fluid Mechanics, Transport Processes, Advanced Thermodynamics.
- NIST CODATA recommended values of physical constants, NIST Digital Library of Mathematical Functions, NIST Chemistry WebBook, NIST/SEMATECH Engineering Statistics Handbook.
- IUPAC Gold Book for chemical terminology and definitions.
- 표준 대학 교과서 주제축: 미적분, 선형대수, 미분방정식, 확률통계, 고전역학, 전자기학, 양자역학, 열역학, 통계역학, 일반화학, 물리화학, 유기·무기·분석화학, 회로, 신호, 제어, 유체, 열전달, 재료, 구조, 공정, 로봇, 최적화.

마지막 미니 점검

1. 어떤 공식을 볼 때 차원 검사를 어떻게 할 것인가?
2. 선형화가 가능한 조건은 무엇인가?
3. 보존식과 구성방정식의 차이를 말할 수 있는가?
4. 평형식과 속도식의 차이를 화학 예시로 설명할 수 있는가?
5. 공학 설계에서 안전율이 왜 필요한가?

F-008 | [초등] 수학 / 기초 산술 - 분수의 나눗셈

$$\frac{a}{b} \div \frac{c}{d} = \frac{a}{b} \frac{d}{c}$$

의미: 수와 단위의 관계를 빠르게 정리하는 기본 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 나누는 분수의 역수를 곱한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-011 | [초등] 수학 / 기초 산술 - 평균

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n}$$

의미: 수와 단위의 관계를 빠르게 정리하는 기본 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 여러 측정값의 대표값을 잡는다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-012 | [초등] 수학 / 기초 산술 - 가중평균

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

의미: 수와 단위의 관계를 빠르게 정리하는 기본 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 학점, 혼합물, 필터 평균처럼 중요도가 다를 때 쓴다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-014 | [초등] 수학 / 기초 산술 - 제곱근

$$x = \sqrt{a} \Leftrightarrow x^2 = a, x \geq 0$$

의미: 수와 단위의 관계를 빠르게 정리하는 기본 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 넓이에서 길이를 구할 때 자주 나온다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-019 | [초등] 수학 / 기초 산술 - 지수의 분수 표현

$$a^{1/n} = \sqrt[n]{a}$$

의미: 수와 단위의 관계를 빠르게 정리하는 기본 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 루트와 지수 표현을 오갈 수 있다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-020 | [초등] 수학 / 기초 산술 - 로그의 정의

$$y = \log_a x \Leftrightarrow a^y = x$$

의미: 수와 단위의 관계를 빠르게 정리하는 기본 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 데시벨, pH, 지수 성장 계산의 핵심이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-024 | [초등] 수학 / 기초 산술 - 밑변환 공식

$$\log_a b = \frac{\log_c b}{\log_c a}$$

의미: 수와 단위의 관계를 빠르게 정리하는 기본 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 계산기에서 자연로그나 상용로그로 바꿀 때 쓴다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-026 | [초등] 수학 / 기초 산술 - 등차수열 합

$$S_n = \frac{n}{2}(a_1 + a_n)$$

의미: 수와 단위의 관계를 빠르게 정리하는 기본 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 등간격 데이터의 총합을 구한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-029 | [초등] 수학 / 기초 산술 - 무한등비급수

$$S_{\infty} = \frac{a_1}{1-r} \quad (|r| < 1)$$

의미: 수와 단위의 관계를 빠르게 정리하는 기본 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 수렴 조건은 절댓값 r 이 1보다 작은 것이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-030 | [초등] 수학 / 기초 산술 - 상대오차

$$\varepsilon_r = \frac{|x_{\text{meas}} - x_{\text{true}}|}{|x_{\text{true}}|}$$

의미: 수와 단위의 관계를 빠르게 정리하는 기본 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 측정 오차를 기준값 대비 크기로 본다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-031 | [초등] 수학 / 기초 산술 - 유효숫자 근사

$$x \approx m \times 10^k \quad (1 \leq m < 10)$$

의미: 수와 단위의 관계를 빠르게 정리하는 기본 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 큰 수와 작은 수를 과학적 표기법으로 정리한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-032 | [초등] 수학 / 기초 산술 - 차원 일관성

$$[\text{left side}] = [\text{right side}]$$

의미: 수와 단위의 관계를 빠르게 정리하는 기본 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 공식이 물리적으로 말이 되는지 단위로 먼저 검사한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-037 | [중등] 수학 / 대수와 함수 - 이차식 완전제곱

$$ax^2 + bx + c = a \left(x + \frac{b}{2a} \right)^2 + c - \frac{b^2}{4a}$$

의미: 문제를 식으로 바꾸고 미지수를 찾는 핵심 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 꼭짓점과 최소값을 찾기 좋다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-043 | [중등] 수학 / 대수와 함수 - 중점 공식

$$M = \left(\frac{x_1 + x_2}{2}, \frac{y_1 + y_2}{2} \right)$$

의미: 문제를 식으로 바꾸고 미지수를 찾는 핵심 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 두 점의 가운데 좌표를 구한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-044 | [중등] 수학 / 대수와 함수 - 다항식 나머지정리

$$P(x) = (x - a)Q(x) + P(a)$$

의미: 문제를 식으로 바꾸고 미지수를 찾는 핵심 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: $x=a$ 를 대입하면 나머지를 바로 얻는다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-048 | [중등] 수학 / 대수와 함수 - 합차 공식

$$(a + b)(a - b) = a^2 - b^2$$

의미: 문제를 식으로 바꾸고 미지수를 찾는 핵심 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 두 제품의 차를 빠르게 인수분해한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-049 | [중등] 수학 / 대수와 함수 - 세제곱 합

$$a^3 + b^3 = (a + b)(a^2 - ab + b^2)$$

의미: 문제를 식으로 바꾸고 미지수를 찾는 핵심 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 고차식 인수분해의 기본이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-050 | [중등] 수학 / 대수와 함수 - 세제곱 차

$$a^3 - b^3 = (a - b)(a^2 + ab + b^2)$$

의미: 문제를 식으로 바꾸고 미지수를 찾는 핵심 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 고차식 인수분해의 기본이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-053 | [중등] 수학 / 대수와 함수 - 순열수

$${}_nP_k = \frac{n!}{(n-k)!}$$

의미: 문제를 식으로 바꾸고 미지수를 찾는 핵심 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: n개 중 k개를 순서 있게 고른다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-056 | [중등] 수학 / 대수와 함수 - 지수성장

$$N(t) = N_0 e^{kt}$$

의미: 문제를 식으로 바꾸고 미지수를 찾는 핵심 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: k 가 양수면 성장, 음수면 감쇠이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-058 | [중등] 수학 / 대수와 함수 - 로지스틱 함수

$$N(t) = \frac{K}{1 + Ae^{-rt}}$$

의미: 문제를 식으로 바꾸고 미지수를 찾는 핵심 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 포화 한계 K 가 있는 성장을 나타낸다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-059 | [중등] 수학 / 대수와 함수 - 복소수 표준형

$$z = a + bi$$

의미: 문제를 식으로 바꾸고 미지수를 찾는 핵심 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 실수부 a 와 허수부 b 로 쓴다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-060 | [중등] 수학 / 대수와 함수 - 복소수 극형식

$$z = re^{i\theta} = r(\cos \theta + i \sin \theta)$$

의미: 문제를 식으로 바꾸고 미지수를 찾는 핵심 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 크기와 위상으로 신호를 표현한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-062 | [중등] 수학 / 대수와 함수 - 드무아브르 공식

$$(\cos \theta + i \sin \theta)^n = \cos n\theta + i \sin n\theta$$

의미: 문제를 식으로 바꾸고 미지수를 찾는 핵심 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 복소수 거듭제곱을 쉽게 한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-064 | [중등] 수학 / 대수와 함수 - AM-GM 부등식

$$\frac{x_1 + \cdots + x_n}{n} \geq \sqrt[n]{x_1 x_2 \cdots x_n}$$

의미: 문제를 식으로 바꾸고 미지수를 찾는 핵심 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 양수의 산술평균은 기하평균보다 크거나 같다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-067 | [중등] 수학 / 대수와 함수 - 절댓값 부등식

$$|x - a| < r \Leftrightarrow a - r < x < a + r$$

의미: 문제를 식으로 바꾸고 미지수를 찾는 핵심 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 수직선에서 중심 a 반지름 r 인 구간이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-068 | [중등] 수학 / 대수와 함수 - 부분분수 기본형

$$\frac{1}{(x-a)(x-b)} = \frac{1}{a-b} \left(\frac{1}{x-a} - \frac{1}{x-b} \right)$$

의미: 문제를 식으로 바꾸고 미지수를 찾는 핵심 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 라플라스 역변환과 적분에 자주 쓰인다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-070 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 삼각형 넓이

$$A = \frac{1}{2}bh$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 밑변과 높이가 있을 때 가장 기본이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-071 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 헤론 공식

$$A = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}, \quad s = \frac{a+b+c}{2}$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 세 변의 길이만 알 때 삼각형 넓이를 구한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-073 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 코사인 법칙

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 두 변과 끼인각으로 나머지 변을 구한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-074 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 라디안과 호의 길이

$$s = r\theta$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 각도는 라디안일 때 길이와 바로 연결된다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-075 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 부채꼴 넓이

$$A = \frac{1}{2}r^2\theta$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 원운동과 회전 문제에도 자주 나온다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-077 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 구 겹넓이와 부피

$$S = 4\pi r^2, \quad V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전하가 구대칭일 때 가우스 법칙과 연결된다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-078 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 원기둥 부피

$$V = \pi r^2 h$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 탱크, 배관, 원통형 소자 계산에 쓴다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-079 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 원뿔 부피

$$V = \frac{1}{3}\pi r^2 h$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 면적이 선형으로 줄어드는 입체의 부피이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-083 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 탄젠트 항등식

$$1 + \tan^2 \theta = \sec^2 \theta$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 미분적분과 삼각치환에서 자주 나온다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-086 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 이중각 공식

$$\sin 2\theta = 2 \sin \theta \cos \theta, \quad \cos 2\theta = \cos^2 \theta - \sin^2 \theta$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 배각 신호와 전력 평균 계산에 쓰인다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-087 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 반각 공식

$$\sin^2 \frac{\theta}{2} = \frac{1 - \cos \theta}{2}, \quad \cos^2 \frac{\theta}{2} = \frac{1 + \cos \theta}{2}$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 적분과 간접 문제에서 유용하다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-089 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 작은각 근사

$$\sin \theta \approx \theta, \quad \cos \theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 라디안 단위에서 theta가 매우 작을 때만 쓴다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-090 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 회전행렬 2차원

$$R(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 좌표축 회전과 로봇 자세 계산에 쓰인다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-091 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 벡터 내적

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = \|\mathbf{a}\| \|\mathbf{b}\| \cos \theta$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 두 벡터의 방향 유사도를 나타낸다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-092 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 벡터 외적 크기

$$\|\mathbf{a} \times \mathbf{b}\| = \|\mathbf{a}\|\|\mathbf{b}\| \sin \theta$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 평행사변형 넓이와 토크 계산에 쓰인다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-096 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 포물선 표준형

$$y^2 = 4px$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 초점과 준선의 거리가 같은 점들의 집합이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-097 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 타원 표준형

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 두 초점까지 거리의 합이 일정한 곡선이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-098 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 쌍곡선 표준형

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 두 초점까지 거리 차가 일정한 곡선이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-099 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 극좌표 변환

$$x = r \cos \theta, \quad y = r \sin \theta$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 원형 대칭 문제에서 계산을 단순하게 한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-100 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 원통좌표 변환

$$x = \rho \cos \phi, \quad y = \rho \sin \phi, \quad z = z$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 도선, 원통, 축대칭 전기장에 적합하다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-101 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 구면좌표 변환

$$x = r \sin \theta \cos \phi, \quad y = r \sin \theta \sin \phi, \quad z = r \cos \theta$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 구대칭 중력장과 전기장에 적합하다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-102 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 3차원 거리

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 공간의 두 점 사이 거리를 구한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-103 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 평면 방정식

$$\mathbf{n} \cdot (\mathbf{r} - \mathbf{r}_0) = 0$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 법선벡터와 한 점으로 평면을 표현한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-104 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 직선의 매개방정식

$$\mathbf{r}(t) = \mathbf{r}_0 + t\mathbf{v}$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 방향벡터와 한 점으로 직선을 표현한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-105 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 아핀 변환

$$\mathbf{x}_{new} = A\mathbf{x} + \mathbf{b}$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 회전, 스케일, 이동을 한 식으로 표현한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-106 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 동차좌표 변환

$$\begin{bmatrix} \mathbf{x}_{new} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & \mathbf{b} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x} \\ 1 \end{bmatrix}$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 컴퓨터 그래픽스와 로봇 좌표 변환에 쓰인다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-107 | [고등] 수학 / 기하와 삼각법 - 베지어 곡선 2차

$$\mathbf{B}(t) = (1-t)^2\mathbf{P}_0 + 2(1-t)t\mathbf{P}_1 + t^2\mathbf{P}_2$$

의미: 길이, 각도, 면적, 부피를 연결하는 공간 계산의 기본이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 곡선을 제어점으로 부드럽게 표현한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-112 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 상수배 미분

$$\frac{d}{dx}[cf(x)] = cf'(x)$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 상수는 미분 밖으로 나온다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-113 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 합의 미분

$$\frac{d}{dx}[f + g] = f' + g'$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 선형성 때문에 항별로 미분한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-116 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 연쇄법칙

$$\frac{d}{dx}f(g(x)) = f'(g(x))g'(x)$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 합성함수 미분의 핵심이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-117 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 지수함수 미분

$$\frac{d}{dx}e^x = e^x$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 자연 성장과 감쇠의 기본 미분이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-119 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 일반 지수 미분

$$\frac{d}{dx}a^x = a^x \ln a$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 밑이 e가 아니면 $\ln a$ 가 붙는다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-120 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 사인 미분

$$\frac{d}{dx} \sin x = \cos x$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: x 는 라디안이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-121 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 코사인 미분

$$\frac{d}{dx} \cos x = -\sin x$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: x 는 라디안이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-122 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 탄젠트 미분

$$\frac{d}{dx} \tan x = \sec^2 x$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 분모 $\cos x$ 가 0인 곳은 제외한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-123 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 역삼각 미분

$$\frac{d}{dx} \arctan x = \frac{1}{1+x^2}$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 위상과 필터 적분에서 자주 보인다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-124 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 음함수 미분

$$F(x, y) = 0 \Rightarrow \frac{dy}{dx} = -\frac{F_x}{F_y}$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: y 를 x 의 함수로 직접 풀기 어려울 때 쓴다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-125 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 로그미분

$$\frac{d}{dx} \ln y = \frac{y'}{y}$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 곱과 거듭제곱이 복잡한 함수에 유용하다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-127 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 전미분 1변수

$$df = f'(x)dx$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 작은 입력 변화가 출력 변화로 전달되는 식이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-128 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 평균값 정리

$$\exists c \in (a, b) : f'(c) = \frac{f(b) - f(a)}{b - a}$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 순간 변화율이 평균 변화율과 같아지는 지점이 있다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-129 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 로피탈 정리

$$\lim \frac{f}{g} = \lim \frac{f'}{g'}$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 0/0 또는 infinity/infinity 꼴의 극한에서 조건을 확인하고 쓴다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-130 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 테일러 전개

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(a)}{n!} (x-a)^n$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 복잡한 함수를 다항식으로 근사한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-131 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 맥클로린 전개

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(0)}{n!} x^n$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: a 가 0인 테일러 전개이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-135 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 적분의 리만합

$$\int_a^b f(x)dx = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n f(x_i^*)\Delta x$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 누적량을 작은 직사각형 합의 극한으로 본다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-137 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 부정적분 거듭제곱

$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + C \quad (n \neq -1)$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 다항식 적분의 기본이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-138 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 로그 적분

$$\int \frac{1}{x} dx = \ln |x| + C$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: $1/x$ 의 누적량은 로그이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-139 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 지수 적분

$$\int e^{ax} dx = \frac{1}{a} e^{ax} + C$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 감쇠와 성장의 누적량을 구한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-140 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 삼각함수 적분

$$\int \sin x \, dx = -\cos x + C, \quad \int \cos x \, dx = \sin x + C$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 미분 공식을 거꾸로 쓴다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-144 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 곡선 길이

$$L = \int_a^b \sqrt{1 + [f'(x)]^2} dx$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 그래프의 실제 길이를 적분으로 구한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-145 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 회전체 부피 원판법

$$V = \pi \int_a^b [f(x)]^2 dx$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 축을 기준으로 회전한 입체의 부피이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-147 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 2차 도함수 판정

$$f''(a) > 0 \Rightarrow \text{local min}, \quad f''(a) < 0 \Rightarrow \text{local max}$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 곡률의 부호로 극값 종류를 판정한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-148 | [고등] 수학 / 일변수 미적분 - 뉴턴 근사 테일러 1차

$$f(x + \Delta x) \approx f(x) + f'(x)\Delta x$$

의미: 변화율과 누적량을 다루는 모든 공학 수학의 출발점이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 작은 변화량 전파와 민감도 분석에 쓰인다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-152 | [대학] 수학 / 다변수와 벡터해석 - 전미분 다변수

$$df = \sum_i \frac{\partial f}{\partial x_i} dx_i$$

의미: 여러 변수와 장의 변화를 다루며 전자기학, 유체, 최적화에 바로 연결된다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 여러 입력 변화가 출력 변화에 더해진다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-154 | [대학] 수학 / 다변수와 벡터해석 - 야코비안 변수변환

$$dA = \left| \frac{\partial(x, y)}{\partial(u, v)} \right| du dv$$

의미: 여러 변수와 장의 변화를 다루며 전자기학, 유체, 최적화에 바로 연결된다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 좌표 변환 시 면적 요소가 바뀐다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-157 | [대학] 수학 / 다변수와 벡터해석 - 라그랑주 승수

$$\nabla f(\mathbf{x}) = \lambda \nabla g(\mathbf{x})$$

의미: 여러 변수와 장의 변화를 다루며 전자기학, 유체, 최적화에 바로 연결된다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 제약조건 g 가 있을 때 극값 후보를 찾는다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-162 | [대학] 수학 / 다변수와 벡터해석 - 발산

$$\nabla \cdot \mathbf{F} = \frac{\partial F_x}{\partial x} + \frac{\partial F_y}{\partial y} + \frac{\partial F_z}{\partial z}$$

의미: 여러 변수와 장의 변화를 다루며 전자기학, 유체, 최적화에 바로 연결된다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 장의 원천과 흡수를 나타낸다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-164 | [대학] 수학 / 다변수와 벡터해석 - 라플라시안

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2}$$

의미: 여러 변수와 장의 변화를 다루며 전자기학, 유체, 최적화에 바로 연결된다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 확산, 파동, 전위 문제의 핵심 연산자이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-165 | [대학] 수학 / 다변수와 벡터해석 - 그린 정리

$$\oint_C P dx + Q dy = \iint_D \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} \right) dA$$

의미: 여러 변수와 장의 변화를 다루며 전자기학, 유체, 최적화에 바로 연결된다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 평면 경계 적분과 영역 적분을 연결한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-166 | [대학] 수학 / 다변수와 벡터해석 - 스톡스 정리

$$\oint_{\partial S} \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = \iint_S (\nabla \times \mathbf{F}) \cdot \mathbf{n} dS$$

의미: 여러 변수와 장의 변화를 다루며 전자기학, 유체, 최적화에 바로 연결된다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 회전의 면적분이 경계 순환과 같다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-169 | [대학] 수학 / 다변수와 벡터해석 - 원통좌표 부피요소

$$dV = \rho \, d\rho \, d\phi \, dz$$

의미: 여러 변수와 장의 변화를 다루며 전자기학, 유체, 최적화에 바로 연결된다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 반지름 방향 길이요소가 곱해진다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-170 | [대학] 수학 / 다변수와 벡터해석 - 구면좌표 부피요소

$$dV = r^2 \sin \theta \, dr \, d\theta \, d\phi$$

의미: 여러 변수와 장의 변화를 다루며 전자기학, 유체, 최적화에 바로 연결된다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 구 껍질의 면적 증가가 반영된다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-171 | [대학] 수학 / 다변수와 벡터해석 - 극좌표 라플라시안

$$\nabla^2 f = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial f}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 f}{\partial \theta^2}$$

의미: 여러 변수와 장의 변화를 다루며 전자기학, 유체, 최적화에 바로 연결된다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 원형 대칭 PDE에서 자주 쓴다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-172 | [대학] 수학 / 다변수와 벡터해석 - 원통좌표 발산

$$\nabla \cdot \mathbf{A} = \frac{1}{\rho} \frac{\partial(\rho A_\rho)}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial A_\phi}{\partial \phi} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$$

의미: 여러 변수와 장의 변화를 다루며 전자기학, 유체, 최적화에 바로 연결된다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 축대칭 전자기장과 유체에서 유용하다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-173 | [대학] 수학 / 다변수와 벡터해석 - 스칼라 포텐셜

$$\mathbf{F} = -\nabla U$$

의미: 여러 변수와 장의 변화를 다루며 전자기학, 유체, 최적화에 바로 연결된다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 힘이 위치에너지의 음의 그래디언트일 때 보존력이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-174 | [대학] 수학 / 다변수와 벡터해석 - 물질미분

$$\frac{D\phi}{Dt} = \frac{\partial\phi}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla\phi$$

의미: 여러 변수와 장의 변화를 다루며 전자기학, 유체, 최적화에 바로 연결된다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 흐름을 따라 이동하는 관찰자의 변화율이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-176 | [대학] 수학 / 다변수와 벡터해석 - 프레네 공식

$$\frac{d\mathbf{T}}{ds} = \kappa\mathbf{N}, \quad \frac{d\mathbf{B}}{ds} = -\tau\mathbf{N}$$

의미: 여러 변수와 장의 변화를 다루며 전자기학, 유체, 최적화에 바로 연결된다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 공간 곡선의 접선, 법선, 종법선을 연결한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-177 | [대학] 수학 / 다변수와 벡터해석 - 델타함수 선별성

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\delta(x-a)dx = f(a)$$

의미: 여러 변수와 장의 변화를 다루며 전자기학, 유체, 최적화에 바로 연결된다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 점원천과 임펄스 입력을 표현한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-178 | [대학] 수학 / 다변수와 벡터해석 - 헤비사이드 함수

$$u(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 1, & t \geq 0 \end{cases}$$

의미: 여러 변수와 장의 변화를 다루며 전자기학, 유체, 최적화에 바로 연결된다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 스위치가 켜지는 입력을 나타낸다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-180 | [대학] 수학 / 선형대수 - 전치행렬

$$(A^T)_{ij} = A_{ji}$$

의미: 벡터 공간, 행렬, 선형 변환을 다루는 공학 계산의 공통 기반이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 행과 열을 바꾼다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-182 | [대학] 수학 / 선형대수 - 역행렬 조건

$$AA^{-1} = A^{-1}A = I$$

의미: 벡터 공간, 행렬, 선형 변환을 다루는 공학 계산의 공통 기반이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 정사각행렬이 가역이면 선형방정식을 바로 풀 수 있다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-183 | [대학] 수학 / 선형대수 - 2 by 2 역행렬

$$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}^{-1} = \frac{1}{ad-bc} \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}$$

의미: 벡터 공간, 행렬, 선형 변환을 다루는 공학 계산의 공통 기반이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 행렬식이 0이 아니어야 한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-184 | [대학] 수학 / 선형대수 - 행렬식 2 by 2

$$\det \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} = ad - bc$$

의미: 벡터 공간, 행렬, 선형 변환을 다루는 공학 계산의 공통 기반이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 면적 스케일과 가역성을 나타낸다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-187 | [대학] 수학 / 선형대수 - 선형독립

$$c_1 \mathbf{V}_1 + \cdots + c_k \mathbf{V}_k = \mathbf{0} \Rightarrow c_i = 0$$

의미: 벡터 공간, 행렬, 선형 변환을 다루는 공학 계산의 공통 기반이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 어떤 벡터도 다른 벡터 조합으로 만들 수 없다는 뜻이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-188 | [대학] 수학 / 선형대수 - 기저 전개

$$\mathbf{x} = \sum_{i=1}^n c_i \mathbf{v}_i$$

의미: 벡터 공간, 행렬, 선형 변환을 다루는 공학 계산의 공통 기반이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 기저가 주어지면 벡터를 좌표로 표현한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-191 | [대학] 수학 / 선형대수 - 정사영

$$\text{proj}_{\mathbf{u}} \mathbf{x} = \frac{\mathbf{u}^T \mathbf{x}}{\mathbf{u}^T \mathbf{u}} \mathbf{u}$$

의미: 벡터 공간, 행렬, 선형 변환을 다루는 공학 계산의 공통 기반이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 벡터 $\mathbf{x}$ 를 $\mathbf{u}$ 방향 성분으로 나눈다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-193 | [대학] 수학 / 선형대수 - 그램-슈미트

$$\mathbf{q}_k = \frac{\mathbf{v}_k - \sum_{j < k} (\mathbf{q}_j^T \mathbf{v}_k) \mathbf{q}_j}{\left\| \mathbf{v}_k - \sum_{j < k} (\mathbf{q}_j^T \mathbf{v}_k) \mathbf{q}_j \right\|}$$

의미: 벡터 공간, 행렬, 선형 변환을 다루는 공학 계산의 공통 기반이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 독립 벡터를 직교정규 기저로 바꾼다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-198 | [대학] 수학 / 선형대수 - 행렬 지수

$$e^{At} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(At)^k}{k!}$$

의미: 벡터 공간, 행렬, 선형 변환을 다루는 공학 계산의 공통 기반이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 연속시간 선형 시스템의 해에 쓰인다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-205 | [대학] 수학 / 선형대수 - 트레이스

$$\text{tr}(A) = \sum_i A_{ii}$$

의미: 벡터 공간, 행렬, 선형 변환을 다루는 공학 계산의 공통 기반이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 대각합이며 고유값 합과 같다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-206 | [대학] 수학 / 선형대수 - 이차형식

$$q(\mathbf{x}) = \mathbf{x}^T A \mathbf{x}$$

의미: 벡터 공간, 행렬, 선형 변환을 다루는 공학 계산의 공통 기반이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 에너지, 비용함수, 안정성 분석에 많이 나온다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-207 | [대학] 수학 / 선형대수 - 양의 정부호

$$\mathbf{x}^T A \mathbf{x} > 0 \quad (\mathbf{x} \neq 0)$$

의미: 벡터 공간, 행렬, 선형 변환을 다루는 공학 계산의 공통 기반이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 대칭행렬의 모든 고유값이 양수이면 양의 정부호이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-209 | [대학] 수학 / 선형대수 - 크로네커 곱

$$(A \otimes B)_{(i,k),(j,l)} = A_{ij}B_{kl}$$

의미: 벡터 공간, 행렬, 선형 변환을 다루는 공학 계산의 공통 기반이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 다차원 선형 시스템과 양자 상태 표현에 쓰인다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-212 | [대학] 수학 / 선형대수 - PCA 분산 최대화

$$\max_{\|w\|=1} w^T \Sigma w$$

의미: 벡터 공간, 행렬, 선형 변환을 다루는 공학 계산의 공통 기반이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 첫 주성분은 공분산 행렬의 최대 고유값 방향이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-213 | [대학] 수학 / 선형대수 - 텐서 수축

$$C_{ik} = \sum_j A_{ij} B_{jk}$$

의미: 벡터 공간, 행렬, 선형 변환을 다루는 공학 계산의 공통 기반이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 반복 지표를 합쳐 차원을 줄이는 연산이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-214 | [대학] 수학 / 선형대수 - 아인슈타인 표기

$$a_i b_i = \sum_i a_i b_i$$

의미: 벡터 공간, 행렬, 선형 변환을 다루는 공학 계산의 공통 기반이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 반복된 지표는 합을 뜻한다고 약속한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-215 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 분리형 미분방정식

$$\frac{dy}{dx} = g(x)h(y) \Rightarrow \int \frac{dy}{h(y)} = \int g(x)dx$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 변수를 양쪽으로 분리해 적분한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-218 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 완전미분방정식

$$M(x, y)dx + N(x, y)dy = 0, \quad M_y = N_x$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 어떤 포텐셜 함수의 전미분이면 적분해 풀다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-219 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 베르누이 방정식

$$y' + p(x)y = q(x)y^n$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: $z=y^{1-n}$ 으로 두면 선형식이 된다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-220 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 상수계수 2차 ODE

$$ay'' + by' + cy = 0$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 특성방정식으로 지수해를 찾는다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-222 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 중근 해

$$r_1 = r_2 = r \Rightarrow y = (C_1 + C_2 x)e^{rx}$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 중복 고유해에는 x 를 곱한 해가 붙는다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-224 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 자연진동수

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 감쇠가 없을 때 스프링-질량계의 고유 주파수이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-225 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 감쇠비

$$\zeta = \frac{c}{2\sqrt{mk}}$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 2차 시스템의 감쇠 정도를 무차원으로 나타낸다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-226 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 라플라스 변환

$$\mathcal{L}\{f(t)\} = F(s) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 시간함수를 복소수 s 영역으로 옮긴다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-228 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 라플라스 적분성질

$$\mathcal{L} \left\{ \int_0^t f(\tau) d\tau \right\} = \frac{F(s)}{s}$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 시간적 누적은 s 영역에서 $1/s$ 가 곱해진다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-229 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 컨볼루션

$$(f * g)(t) = \int_0^t f(\tau)g(t - \tau)d\tau$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 입력과 시스템 응답이 겹쳐지는 누적 효과이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-231 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 푸리에 급수

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega_0 t + b_n \sin n\omega_0 t)$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 주기 신호를 사인과 코사인 합으로 표현한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-232 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 푸리에 계수

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos n\omega_0 t \, dt, \quad b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin n\omega_0 t \, dt$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 직교성을 이용해 각 주파수 성분을 뽑는다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-233 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 복소 푸리에 급수

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{in\omega_0 t}$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 위상과 크기를 복소수 계수 하나로 묶는다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-234 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 푸리에 변환

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-i\omega t} dt$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 시간 신호를 주파수 성분으로 분해한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-235 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 역푸리에 변환

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{i\omega t} d\omega$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 주파수 표현을 시간으로 되돌린다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-236 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 푸리에 미분성질

$$\mathcal{F}\{f'(t)\} = i\omega F(\omega)$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 시간 미분은 주파수 영역에서 $i\omega$ 곱이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-238 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 파스발 정리

$$\int_{-\infty}^{\infty} |f(t)|^2 dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |F(\omega)|^2 d\omega$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 시간 영역 에너지와 주파수 영역 에너지가 같다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-239 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 라플라스와 푸리에 관계

$$F(i\omega) = \mathcal{L}\{f(t)\}\big|_{s=i\omega}$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 수렴 조건이 맞으면 s 축을 허수축으로 제한한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-241 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 일측 Z 변환

$$X^+(z) = \sum_{n=0}^{\infty} x[n]z^{-n}$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 초기조건이 있는 이산 시스템에 자주 쓴다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-250 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 고유함수 전개

$$u(x) = \sum_n c_n \phi_n(x)$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 경계조건에 맞는 기저 함수로 해를 나타낸다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-251 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 코시 적분정리

$$\oint_C f(z)dz = 0$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 해석함수는 닫힌 경로 적분이 0이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-252 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 코시 적분공식

$$f(a) = \frac{1}{2\pi i} \oint_C \frac{f(z)}{z-a} dz$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 경계값으로 내부 값을 정한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-255 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 유수정리

$$\oint_C f(z)dz = 2\pi i \sum \text{Res}(f, z_k)$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 실적분 계산에도 강력하게 쓰인다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-256 | [대학] 수학 / 미분방정식과 변환 - 푸리에-라플라스 스펙트럼

$$s = \sigma + i\omega$$

의미: 시간, 공간, 주파수 영역에서 동적 시스템을 해석하는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 감쇠 σ 와 진동 ω 를 함께 표현한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-262 | [대학] 수학 / 확률 통계 정보 - 전체확률법칙

$$P(A) = \sum_i P(A|B_i)P(B_i)$$

의미: 불확실성, 데이터, 잡음, 신호 정보를 수량화하는 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 가능한 경우 B_i 로 나눠 합산한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-263 | [대학] 수학 / 확률 통계 정보 - 베이즈 정리

$$P(B_i|A) = \frac{P(A|B_i)P(B_i)}{\sum_j P(A|B_j)P(B_j)}$$

의미: 불확실성, 데이터, 잡음, 신호 정보를 수량화하는 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 새 증거 A를 보고 원인 B_i의 확률을 갱신한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-266 | [대학] 수학 / 확률 통계 정보 - 분산

$$\text{Var}(X) = \mathbb{E}[(X - \mu)^2] = \mathbb{E}[X^2] - \mu^2$$

의미: 불확실성, 데이터, 잡음, 신호 정보를 수량화하는 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 평균 주변의 퍼짐이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-270 | [대학] 수학 / 확률 통계 정보 - 베르누이 분포

$$P(X = x) = p^x(1 - p)^{1-x}, \quad x \in \{0, 1\}$$

의미: 불확실성, 데이터, 잡음, 신호 정보를 수량화하는 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 성공 또는 실패 하나를 나타낸다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-276 | [대학] 수학 / 확률 통계 정보 - 지수분포

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (t \geq 0)$$

의미: 불확실성, 데이터, 잡음, 신호 정보를 수량화하는 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 무기억 수명 모델이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-278 | [대학] 수학 / 확률 통계 정보 - 카이제곱 분포

$$X = \sum_{i=1}^{\nu} Z_i^2$$

의미: 불확실성, 데이터, 잡음, 신호 정보를 수량화하는 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 분산 추정과 적합도 검정에 쓰인다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-280 | [대학] 수학 / 확률 통계 정보 - 큰수의 법칙

$$\bar{X}_n \rightarrow \mu$$

의미: 불확실성, 데이터, 잡음, 신호 정보를 수량화하는 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 표본평균은 시행이 많을수록 기댓값에 가까워진다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-281 | [대학] 수학 / 확률 통계 정보 - 마르코프 부등식

$$P(X \geq a) \leq \frac{\mathbb{E}[X]}{a} \quad (X \geq 0)$$

의미: 불확실성, 데이터, 잡음, 신호 정보를 수량화하는 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 분포를 몰라도 꼬리확률 상한을 준다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-282 | [대학] 수학 / 확률 통계 정보 - 체비쇼프 부등식

$$P(|X - \mu| \geq k\sigma) \leq \frac{1}{k^2}$$

의미: 불확실성, 데이터, 잡음, 신호 정보를 수량화하는 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 분산만 알아도 평균에서 멀 확률을 제한한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-283 | [대학] 수학 / 확률 통계 정보 - 최대우도추정

$$\hat{\theta} = \arg \max_{\theta} L(\theta|x)$$

의미: 불확실성, 데이터, 잡음, 신호 정보를 수량화하는 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 관측 데이터를 가장 그럴듯하게 하는 파라미터를 찾는다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-285 | [대학] 수학 / 확률 통계 정보 - 불편추정량

$$\mathbb{E}[\hat{\theta}] = \theta$$

의미: 불확실성, 데이터, 잡음, 신호 정보를 수량화하는 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 평균적으로 참값을 맞추는 추정량이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-287 | [대학] 수학 / 확률 통계 정보 - 신뢰구간 평균

$$\bar{x} \pm z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

의미: 불확실성, 데이터, 잡음, 신호 정보를 수량화하는 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 모표준편차를 알 때 평균의 구간 추정이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-288 | [대학] 수학 / 확률 통계 정보 - t 통계량

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s/\sqrt{n}}$$

의미: 불확실성, 데이터, 잡음, 신호 정보를 수량화하는 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 모표준편차를 모를 때 평균 검정에 쓰인다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-289 | [대학] 수학 / 확률 통계 정보 - 카이제곱 검정량

$$\chi^2 = \sum_i \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

의미: 불확실성, 데이터, 잡음, 신호 정보를 수량화하는 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 관측빈도와 기대빈도의 차이를 본다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-291 | [대학] 수학 / 확률 통계 정보 - 최소제곱 기울기

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

의미: 불확실성, 데이터, 잡음, 신호 정보를 수량화하는 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 데이터에 가장 잘 맞는 직선 기울기이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-292 | [대학] 수학 / 확률 통계 정보 - 로지스틱 회귀

$$P(y = 1|\mathbf{x}) = \frac{1}{1 + e^{-w^T \mathbf{x}}}$$

의미: 불확실성, 데이터, 잡음, 신호 정보를 수량화하는 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 이진 분류의 확률 모델이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-294 | [대학] 수학 / 확률 통계 정보 - 상호정보량

$$I(X; Y) = \sum_{x, y} p(x, y) \log \frac{p(x, y)}{p(x)p(y)}$$

의미: 불확실성, 데이터, 잡음, 신호 정보를 수량화하는 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 두 변수 사이 공유 정보량이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-297 | [대학] 수학 / 확률 통계 정보 - 피셔 정보량

$$I(\theta) = \mathbb{E} \left[\left(\frac{\partial}{\partial \theta} \log f(X|\theta) \right)^2 \right]$$

의미: 불확실성, 데이터, 잡음, 신호 정보를 수량화하는 언어이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 데이터가 파라미터에 대해 주는 정보량이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-301 | [대학] 수학 / 수치해석 최적화 이산수학 - 뉴턴법 근찾기

$$x_{k+1} = x_k - \frac{f(x_k)}{f'(x_k)}$$

의미: 닫힌 해가 어려운 문제를 계산 가능한 절차로 바꾸는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 접선이 x축과 만나는 점으로 반복한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-303 | [대학] 수학 / 수치해석 최적화 이산수학 - 할선법

$$x_{k+1} = x_k - f(x_k) \frac{x_k - x_{k-1}}{f(x_k) - f(x_{k-1})}$$

의미: 닫힌 해가 어려운 문제를 계산 가능한 절차로 바꾸는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 미분값 없이 근을 찾는 방법이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-304 | [대학] 수학 / 수치해석 최적화 이산수학 - 고정점 반복

$$x_{k+1} = g(x_k)$$

의미: 닫힌 해가 어려운 문제를 계산 가능한 절차로 바꾸는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 수렴하려면 고정점 근처에서 기울기 크기가 작아야 한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-305 | [대학] 수학 / 수치해석 최적화 이산수학 - 사다리꼴 공식

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{h}{2} \left[f(x_0) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} f(x_i) + f(x_n) \right]$$

의미: 닫힌 해가 어려운 문제를 계산 가능한 절차로 바꾸는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 구간을 사다리꼴로 나눠 적분한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-306 | [대학] 수학 / 수치해석 최적화 이산수학 - 심프슨 공식

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{h}{3} [f_0 + 4f_1 + 2f_2 + \cdots + 4f_{n-1} + f_n]$$

의미: 달한 해가 어려운 문제를 계산 가능한 절차로 바꾸는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 2차 곡선으로 근사해 적분한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-310 | [대학] 수학 / 수치해석 최적화 이산수학 - 라그랑주 보간

$$p(x) = \sum_{j=0}^n y_j \prod_{m \neq j} \frac{x - x_m}{x_j - x_m}$$

의미: 닫힌 해가 어려운 문제를 계산 가능한 절차로 바꾸는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 주어진 점을 모두 지나는 다항식을 만든다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-311 | [대학] 수학 / 수치해석 최적화 이산수학 - 뉴턴 보간

$$p_n(x) = a_0 + a_1(x - x_0) + \cdots + a_n \prod_{j=0}^{n-1} (x - x_j)$$

의미: 달한 해가 어려운 문제를 계산 가능한 절차로 바꾸는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 점이 추가될 때 계수 갱신이 편하다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-313 | [대학] 수학 / 수치해석 최적화 이산수학 - 경사하강법

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{x}_k - \eta \nabla f(\mathbf{x}_k)$$

의미: 닫힌 해가 어려운 문제를 계산 가능한 절차로 바꾸는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 손실함수를 가장 가파른 감소 방향으로 줄인다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-314 | [대학] 수학 / 수치해석 최적화 이산수학 - 뉴턴 최적화

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{x}_k - H^{-1} \nabla f$$

의미: 닫힌 해가 어려운 문제를 계산 가능한 절차로 바꾸는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 2차 정보를 사용해 빠르게 수렴할 수 있다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-318 | [대학] 수학 / 수치해석 최적화 이산수학 - 동적계획 벨만식

$$V(s) = \max_a \{r(s, a) + \gamma V(s_{next})\}$$

의미: 달한 해가 어려운 문제를 계산 가능한 절차로 바꾸는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 현재 보상과 미래 가치의 합을 최적화한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-320 | [대학] 수학 / 수치해석 최적화 이산수학 - 오일러 경로 조건

$$\text{odd degree vertices} = 0 \text{ or } 2$$

의미: 닫힌 해가 어려운 문제를 계산 가능한 절차로 바꾸는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 모든 간선을 한 번씩 지나는 경로 조건이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-321 | [대학] 수학 / 수치해석 최적화 이산수학 - 조합 항등식

$$\sum_{k=0}^n \binom{n}{k} = 2^n$$

의미: 닫힌 해가 어려운 문제를 계산 가능한 절차로 바꾸는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 각 원소를 선택하거나 선택하지 않는 경우의 수이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-323 | [대학] 수학 / 수치해석 최적화 이산수학 - 비둘기집 원리

$$n > mk \Rightarrow \exists \text{ box with at least } k + 1 \text{ objects}$$

의미: 닫힌 해가 어려운 문제를 계산 가능한 절차로 바꾸는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 개수만으로 존재를 보장한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-324 | [대학] 수학 / 수치해석 최적화 이산수학 - 마스터 정리 기본형

$$T(n) = aT(n/b) + f(n)$$

의미: 닫힌 해가 어려운 문제를 계산 가능한 절차로 바꾸는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 분할정복 알고리즘의 시간복잡도를 분석한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-325 | [대학] 수학 / 수치해석 최적화 이산수학 - 빅오

$$f(n) = O(g(n)) \Leftrightarrow |f(n)| \leq C|g(n)|$$

의미: 닫힌 해가 어려운 문제를 계산 가능한 절차로 바꾸는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 성장률의 상한을 나타낸다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-326 | [대학] 수학 / 수치해석 최적화 이산수학 - 해시 충돌 생일근사

$$P \approx 1 - e^{-n(n-1)/(2m)}$$

의미: 닫힌 해가 어려운 문제를 계산 가능한 절차로 바꾸는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: m칸에 n개를 넣을 때 충돌 확률을 근사한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-327 | [대학] 수학 / 수치해석 최적화 이산수학 - 부동소수점 상대오차

$$\text{fl}(x) = x(1 + \delta), \quad |\delta| \leq \epsilon_{mach}$$

의미: 닫힌 해가 어려운 문제를 계산 가능한 절차로 바꾸는 도구이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 기계정밀도 범위의 반올림 오차 모델이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-329 | [고등] 물리 / 고전역학 - 평균속도

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 변위의 시간당 변화량이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-331 | [고등] 물리 / 고전역학 - 등가속도 속도

$$v = v_0 + at$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 가속도가 일정할 때 속도 변화이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-335 | [고등] 물리 / 고전역학 - 무게

$$W = mg$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 중력에 의한 힘이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-338 | [고등] 물리 / 고전역학 - 일

$$W = \int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 힘이 이동 방향으로 한 에너지 전달량이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-341 | [고등] 물리 / 고전역학 - 중력 위치에너지

$$U = mgh$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 근지표에서 높이에 따른 위치에너지이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-342 | [고등] 물리 / 고전역학 - 탄성 위치에너지

$$U = \frac{1}{2}kx^2$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 스프링 변형에 저장된 에너지이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-343 | [고등] 물리 / 고전역학 - 역학적 에너지 보존

$$K_i + U_i = K_f + U_f$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 비보존력이 한 일이 없을 때 성립한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-344 | [고등] 물리 / 고전역학 - 정지마찰 한계

$$f_s \leq \mu_s N$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 정지마찰은 필요한 만큼 생기되 최대값이 있다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-345 | [고등] 물리 / 고전역학 - 운동마찰

$$f_k = \mu_k N$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 미끄러지는 동안의 마찰력 크기이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-349 | [고등] 물리 / 고전역학 - 접선속도

$$v = r\omega$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 회전운동과 병진운동을 연결한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-351 | [고등] 물리 / 고전역학 - 토크

$$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 회전시키는 힘의 효과이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-352 | [고등] 물리 / 고전역학 - 회전운동 방정식

$$\sum \tau = I\alpha$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 회전에 대한 뉴턴 제2법칙이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-356 | [고등] 물리 / 고전역학 - 굴림 조건

$$v_{cm} = R\omega$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 미끄러지지 않고 굴러갈 때 성립한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-358 | [고등] 물리 / 고전역학 - 중력 퍼텐셜 에너지

$$U = -G \frac{Mm}{r}$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 무한대를 기준으로 한 중력 위치에너지이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-359 | [고등] 물리 / 고전역학 - 원궤도 속도

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 원형 궤도를 유지하는 속도이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-360 | [고등] 물리 / 고전역학 - 탈출속도

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 중력장을 벗어나기 위한 최소 속도이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-361 | [고등] 물리 / 고전역학 - 케플러 제3법칙

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM}a^3$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 공전주기의 제곱은 장반경의 세제곱에 비례한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-362 | [고등] 물리 / 고전역학 - 질량중심

$$\mathbf{R}_{cm} = \frac{\sum_i m_i \mathbf{r}_i}{\sum_i m_i}$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 여러 질량의 평균 위치이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-363 | [고등] 물리 / 고전역학 - 탄성충돌 1차원

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 운동량 보존과 운동에너지 보존을 함께 쓴다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-365 | [고등] 물리 / 고전역학 - 단진자 소각근사

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 작은 각도에서 주기는 길이와 중력가속도로 정해진다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-366 | [고등] 물리 / 고전역학 - 스프링 진동 주기

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 질량이 클수록 느리고 스프링이 강할수록 빠르다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-367 | [고등] 물리 / 고전역학 - 라그랑지언

$$L = T - V$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 운동에너지와 위치에너지 차이로 동역학을 표현한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-368 | [고등] 물리 / 고전역학 - 오일러-라그랑주 방정식

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial L}{\partial q_i} = 0$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 좌표 선택이 자유로운 역학의 기본 방정식이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-369 | [고등] 물리 / 고전역학 - 해밀토니언

$$H = \sum_i p_i \dot{q}_i - L$$

의미: 힘, 운동량, 에너지로 물체의 운동을 설명하는 물리의 기본 구조이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 많은 경우 전체 에너지를 나타낸다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-372 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 감쇠진동 방정식

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 마찰이나 저항이 있는 스프링-질량계이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-373 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 과소감쇠 해

$$x(t) = Ae^{-\zeta\omega_n t} \cos(\omega_d t + \phi)$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 감쇠하면서 진동하는 경우이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-375 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 구동진동 정상상태 진폭

$$X(\omega) = \frac{F_0}{\sqrt{(k - m\omega^2)^2 + (c\omega)^2}}$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 외력 주파수에 따른 진폭 응답이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-376 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 품질계수

$$Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega}$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 공진 피크가 얼마나 날카로운지 나타낸다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-377 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 파동방정식 1차원

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 줄, 음파, 전자기파의 기본 형태이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-379 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 파수

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 공간 주기의 역수에 2π 를 곱한 값이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-381 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 파동속도

$$v = f\lambda = \frac{\omega}{k}$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 주파수와 파장의 곱이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-383 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 음속 이상기체

$$v = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}}$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 기체 온도가 높을수록 음속이 커진다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-386 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 도플러 효과

$$f_{obs} = f \frac{v \pm v_o}{v \mp v_s}$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 관찰자와 소스의 상대 운동으로 주파수가 바뀐다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-387 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 정상파 조건

$$L = n \frac{\lambda}{2}$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 양끝이 고정된 줄에서 정상파가 생기는 조건이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-390 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 연속방정식 유체

$$\rho Av = \text{constant}$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 압축성 변화가 작으면 단면적과 속도의 곱이 보존된다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-391 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 베르누이 방정식

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{constant}$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 비점성 정상 흐름에서 에너지 보존을 나타낸다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-392 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 부력

$$F_B = \rho_{fluid} g V_{disp}$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 밀려난 유체 무게만큼 위로 힘을 받는다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-393 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 점성 응력

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 뉴턴 유체에서 전단응력은 속도구배에 비례한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-394 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 레이놀즈 수

$$Re = \frac{\rho v L}{\mu}$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 관성력과 점성력의 상대 크기이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-395 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 나비에-스토크스

$$\rho \left(\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v} \right) = -\nabla p + \mu \nabla^2 \mathbf{v} + \mathbf{f}$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 점성 유체 운동의 기본 방정식이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-396 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 스토크스 항력

$$F_d = 6\pi\mu Rv$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 낮은 레이놀즈 수에서 구가 받는 점성 항력이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-397 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 푸아죄유 법칙

$$Q = \frac{\pi R^4 \Delta P}{8\mu L}$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 원관 층류 유량은 반지름의 4제곱에 비례한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-398 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 표면장력 압력차

$$\Delta P = \gamma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 곡면 계면에서 압력차가 생긴다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-399 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 모세관 상승

$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r}$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 가느다란 관에서 액체가 올라가는 높이이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-400 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 마하수

$$M = \frac{v}{c}$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 유체 속도가 음속의 몇 배인지 나타낸다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-401 | [대학] 물리 / 진동 파동 유체 - 음향 임피던스

$$Z = \rho c$$

의미: 진동, 전달, 흐름을 다루며 기계, 전자, 재료, 열공학에 널리 쓰인다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 매질의 압력파와 입자속도 비율이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-402 | [대학] 물리 / 열역학 통계역학 - 이상기체 상태방정식

$$PV = nRT = Nk_B T$$

의미: 에너지, 엔트로피, 물질의 거시 상태와 미시 상태를 연결한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 압력, 부피, 온도, 물질량을 연결한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-407 | [대학] 물리 / 열역학 통계역학 - 엔트로피 정의

$$dS = \frac{\delta Q_{rev}}{T}$$

의미: 에너지, 엔트로피, 물질의 거시 상태와 미시 상태를 연결한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 가역적으로 받은 열을 온도로 나눈 상태함수이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-408 | [대학] 물리 / 열역학 통계역학 - 클라우지우스 부등식

$$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0$$

의미: 에너지, 엔트로피, 물질의 거시 상태와 미시 상태를 연결한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 비가역성을 포함한 열역학 제2법칙의 표현이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-409 | [대학] 물리 / 열역학 통계역학 - 카르노 효율

$$\eta_{max} = 1 - \frac{T_C}{T_H}$$

의미: 에너지, 엔트로피, 물질의 거시 상태와 미시 상태를 연결한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 두 열원 사이 열기관의 최대 효율이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-410 | [대학] 물리 / 열역학 통계역학 - 열용량

$$C = \frac{\delta Q}{dT}$$

의미: 에너지, 엔트로피, 물질의 거시 상태와 미시 상태를 연결한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 온도를 1만큼 올리는 데 필요한 열량이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-411 | [대학] 물리 / 열역학 통계역학 - 정압 정적 열용량 관계

$$C_P - C_V = nR$$

의미: 에너지, 엔트로피, 물질의 거시 상태와 미시 상태를 연결한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 이상기체에서 성립하는 마이어 관계이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-412 | [대학] 물리 / 열역학 통계역학 - 단열과정 이상기체

$$PV^\gamma = \text{constant}$$

의미: 에너지, 엔트로피, 물질의 거시 상태와 미시 상태를 연결한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 열교환이 없는 준정적 이상기체 과정이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-413 | [대학] 물리 / 열역학 통계역학 - 기체분자 평균운동에너지

$$\langle K \rangle = \frac{3}{2} k_B T$$

의미: 에너지, 엔트로피, 물질의 거시 상태와 미시 상태를 연결한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 온도는 분자 평균 운동에너지와 연결된다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-414 | [대학] 물리 / 열역학 통계역학 - 맥스웰-볼츠만 분포

$$f(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{3/2} v^2 e^{-mv^2/(2k_B T)}$$

의미: 에너지, 엔트로피, 물질의 거시 상태와 미시 상태를 연결한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 기체 분자 속도 분포이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-415 | [대학] 물리 / 열역학 통계역학 - 볼츠만 인자

$$p_i \propto e^{-E_i/(k_B T)}$$

의미: 에너지, 엔트로피, 물질의 거시 상태와 미시 상태를 연결한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 에너지가 높은 상태일수록 확률이 작다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-417 | [대학] 물리 / 열역학 통계역학 - 내부에너지와 분배함수

$$U = -\frac{\partial}{\partial \beta} \ln Z$$

의미: 에너지, 엔트로피, 물질의 거시 상태와 미시 상태를 연결한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 분배함수로 평균에너지를 구한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-422 | [대학] 물리 / 열역학 통계역학 - 클라우지우스-클라페이론

$$\frac{dP}{dT} = \frac{L}{T\Delta V}$$

의미: 에너지, 엔트로피, 물질의 거시 상태와 미시 상태를 연결한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 상전이 곡선의 기울기를 준다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-424 | [대학] 물리 / 열역학 통계역학 - 스테판-볼츠만 법칙

$$j^* = \sigma T^4$$

의미: 에너지, 엔트로피, 물질의 거시 상태와 미시 상태를 연결한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 흑체가 단위 면적당 방출하는 복사 파워이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-425 | [대학] 물리 / 열역학 통계역학 - 플랑크 분포

$$u(\nu, T) = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \frac{1}{e^{h\nu/(k_B T)} - 1}$$

의미: 에너지, 엔트로피, 물질의 거시 상태와 미시 상태를 연결한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 흑체 복사 스펙트럼이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-426 | [대학] 물리 / 열역학 통계역학 - 비어 변위법칙

$$\lambda_{max}T = b$$

의미: 에너지, 엔트로피, 물질의 거시 상태와 미시 상태를 연결한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 흑체 복사 최대 파장이 온도와 반비례한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-427 | [대학] 물리 / 열역학 통계역학 - 보스-아인슈타인 분포

$$\bar{n} = \frac{1}{e^{(\epsilon - \mu)/(k_B T)} - 1}$$

의미: 에너지, 엔트로피, 물질의 거시 상태와 미시 상태를 연결한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 보손의 평균 점유수이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-428 | [대학] 물리 / 열역학 통계역학 - 페르미-디랙 분포

$$f(E) = \frac{1}{e^{(E-E_F)/(k_B T)} + 1}$$

의미: 에너지, 엔트로피, 물질의 거시 상태와 미시 상태를 연결한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전자 같은 페르미온의 점유 확률이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-430 | [대학] 물리 / 열역학 통계역학 - 열역학 기본식

$$dU = TdS - PdV + \mu dN$$

의미: 에너지, 엔트로피, 물질의 거시 상태와 미시 상태를 연결한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 단순 압축계의 에너지 미분형이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-431 | [대학] 물리 / 열역학 통계역학 - 그랜드 퍼텐셜

$$\Omega = U - TS - \mu N$$

의미: 에너지, 엔트로피, 물질의 거시 상태와 미시 상태를 연결한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 정온 정화학퍼텐셜 앙상블에 적합하다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-432 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 쿨롱 법칙

$$\mathbf{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 두 점전하 사이 힘이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-434 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 점전하 전기장

$$\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 점전하가 만드는 전기장이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-435 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 전기 플럭스

$$\Phi_E = \iint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 면을 통과하는 전기장의 양이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-436 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 가우스 법칙

$$\iint_{\partial V} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{Q_{enc}}{\epsilon_0}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 대칭 전하분포의 전기장을 빠르게 구한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-437 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 전위와 전기장

$$\mathbf{E} = -\nabla V$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전기장은 전위가 감소하는 방향이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-438 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 전위 에너지

$$U = qV$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전하 q 가 전위 V 에서 가지는 에너지이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-439 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 점전하 전위

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 무한대를 기준으로 한 점전하 전위이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-440 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 커패시턴스

$$C = \frac{Q}{V}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전압당 저장되는 전하량이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-442 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 커패시터 에너지

$$U = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{Q^2}{2C}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전기장에 저장된 에너지이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-443 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 전기장 에너지 밀도

$$u_E = \frac{1}{2} \epsilon E^2$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 단위 부피당 전기장 에너지이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-444 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 전류

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 단위 시간당 흐르는 전하량이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-445 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 전류밀도

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 미시적 옴 법칙이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-448 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 전력

$$P = IV = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전기 에너지가 시간당 변환되는 속도이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-449 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 자기력 로렌츠

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전하가 전기장과 자기장에서 받는 힘이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-450 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 전류가 받는 자기력

$$d\mathbf{F} = I d\boldsymbol{\ell} \times \mathbf{B}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 도선 요소가 자기장에서 받는 힘이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-452 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 암페어 법칙

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\boldsymbol{\ell} = \mu_0 I_{enc}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 대칭 전류분포의 자기장을 구한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-453 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 솔레노이드 자기장

$$B = \mu n I$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 긴 솔레노이드 내부 자기장 근사식이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-454 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 자기 플럭스

$$\Phi_B = \iint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 면을 통과하는 자기장의 양이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-456 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 렌즈 법칙 부호

$\mathcal{E}$ opposes the change of Φ_B

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 유도전류는 플럭스 변화를 방해하는 방향으로 생긴다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-457 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 인덕턴스

$$\Phi_B = LI$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전류와 자기 플럭스의 비례관계이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-458 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 인덕터 전압

$$V_L = L \frac{dI}{dt}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전류 변화가 전압을 만든다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-459 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 인덕터 에너지

$$U = \frac{1}{2}LI^2$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 자기장에 저장된 에너지이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-460 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 자기장 에너지 밀도

$$u_B = \frac{B^2}{2\mu}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 단위 부피당 자기장 에너지이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-461 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 맥스웰 방정식 적분형

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = Q/\epsilon_0$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\boldsymbol{\ell} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\boldsymbol{\ell} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전자기 현상의 네 가지 기본 법칙이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-462 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 맥스웰 방정식 미분형

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \rho/\epsilon_0, \quad \nabla \cdot \mathbf{B} = 0, \quad \nabla \times \mathbf{E} = -\partial_t \mathbf{B}, \quad \nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \partial_t \mathbf{E}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 장 이론 형태의 전자기학이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-463 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 전자기파 속도

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 진공에서 전자기파 속도이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-464 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 포인팅 벡터

$$\mathbf{S} = \frac{1}{\mu_0} \mathbf{E} \times \mathbf{B}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전자기 에너지 흐름의 밀도이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-465 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 전자기파 임피던스

$$\eta = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전기장과 자기장 비율이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-467 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 경계조건 전속밀도 법선

$$\hat{\mathbf{n}} \cdot (\mathbf{D}_2 - \mathbf{D}_1) = \rho_s$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 표면전하가 법선 성분 불연속을 만든다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-468 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 스넬 법칙

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 굴절에서 입사각과 굴절각을 연결한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-469 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 렌즈 공식

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 얇은 렌즈의 물체거리와 상거리 관계이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-470 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 배율

$$M = -\frac{d_i}{d_o}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 상의 크기와 방향을 나타낸다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-471 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 거울 공식

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 구면거울에서도 같은 형태를 쓴다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-472 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 프레넬 반사 수직입사

$$R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 굴절률 차이가 클수록 반사가 커진다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-474 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 단일슬릿 회절 최소

$$a \sin \theta = m\lambda \quad (m \neq 0)$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 어두운 무늬 조건이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-476 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 브루스터 각

$$\tan \theta_B = \frac{n_2}{n_1}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 반사광이 완전 편광되는 입사각이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-477 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 말뤼스 법칙

$$I = I_0 \cos^2 \theta$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 편광판을 통과한 빛의 세기이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-478 | [대학] 물리 / 전자기학 광학 - 레이리 분해능

$$\theta_{min} = 1.22 \frac{\lambda}{D}$$

의미: 전하, 전류, 장, 파동, 빛을 하나의 장 이론으로 설명한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 원형 구경의 회절 제한 분해능이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-480 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 시간 지연

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 움직이는 시계가 느리게 보인다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-481 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 길이 수축

$$L = \frac{L_0}{\gamma}$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 운동 방향 길이는 짧게 측정된다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-483 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 질량-에너지

$$E = mc^2$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 정지질량은 에너지와 등가이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-485 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 로런츠 변환

$$x' = \gamma(x - vt), \quad t' = \gamma\left(t - \frac{vx}{c^2}\right)$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 서로 등속운동하는 관성계 좌표 변환이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-486 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 드브로이 파장

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 입자 운동량과 파장을 연결한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-489 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 슈뢰딩거 방정식 정상상태

$$\hat{H}\psi = E\psi$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 에너지 고유상태를 찾는다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-493 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 확률밀도

$$P(x) = |\psi(x)|^2$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 파동함수 절댓값 제곱이 관측 확률밀도이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-495 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 기댓값 양자

$$\langle A \rangle = \int \psi^* \hat{A} \psi dV$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 관측량의 평균값이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-496 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 무한정사각우물 에너지

$$E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 상자 속 입자의 에너지가 양자화된다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-499 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 각운동량 크기

$$L^2 = \ell(\ell + 1)\hbar^2$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 궤도각운동량의 양자화이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-501 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 파울리 배타원리

no two fermions share all quantum numbers

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 동일한 페르미온은 같은 양자상태를 점유할 수 없다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-502 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 1차 섭동 에너지

$$E_n^{(1)} = \langle n^{(0)} | \hat{H}_{pert} | n^{(0)} \rangle$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 약한 섭동이 에너지에 주는 1차 보정이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-503 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 페르미 황금률

$$\Gamma_{i \rightarrow f} = \frac{2\pi}{\hbar} |\langle f | V | i \rangle|^2 \rho(E_f)$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전이율을 섭동과 상태밀도로 계산한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-504 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 터널링 근사

$$T \approx e^{-2\kappa a}, \quad \kappa = \sqrt{\frac{2m(V_0 - E)}{\hbar^2}}$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 장벽을 통과할 확률은 두께와 장벽 높이에 지수적으로 감소한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-505 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 블로흐 정리

$$\psi_{n\mathbf{k}}(\mathbf{r}) = u_{n\mathbf{k}}(\mathbf{r})e^{i\mathbf{k}\cdot\mathbf{r}}$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 주기 퍼텐셜에서 전자 상태의 형태이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-506 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 상태밀도 3차원 자유전자

$$g(E) = \frac{V}{2\pi^2} \left(\frac{2m}{\hbar^2} \right)^{3/2} \sqrt{E}$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 에너지 근처 가능한 상태 수이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-507 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 드루드 전도도

$$\sigma = \frac{ne^2\tau}{m}$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 자유전자 모델의 전기전도도이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-508 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 홀 계수

$$R_H = \frac{1}{nq}$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전하 운반자 밀도와 부호를 추정한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-509 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 페르미 에너지 3D

$$E_F = \frac{\hbar^2}{2m} (3\pi^2 n)^{2/3}$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 0 K 자유전자 기체의 최고 점유 에너지이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-510 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 브래그 법칙

$$2d \sin \theta = n\lambda$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 결정면 간격과 X선 회절각의 관계이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-513 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 핵 결합에너지

$$E_b = \Delta mc^2$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 질량 결손이 결합에너지로 나타난다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-514 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - BCS 에너지 갭 근사

$$\Delta(0) \approx 1.76k_B T_c$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전통적 초전도체에서 에너지 갭과 임계온도 관계이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-515 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 디랙 방정식

$$(i\hbar\gamma^\mu\partial_\mu - mc)\psi = 0$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 상대론적 스핀 1/2 입자의 파동방정식이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-516 | [대학원] 물리 / 현대물리 양자 고체 - 클라인-고든 방정식

$$(\square + \frac{m^2 c^2}{\hbar^2})\phi = 0$$

의미: 상대론, 양자역학, 원자, 고체의 미시 법칙을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 상대론적 스핀 0 입자의 장 방정식이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-520 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 몰랄농도

$$b = \frac{n_{solute}}{m_{solvent}}$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 용매 1 kg당 용질 몰수이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-521 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 희석식

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 용질 몰수가 보존될 때 쓴다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-522 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 질량퍼센트

$$w\% = \frac{m_{solute}}{m_{solution}} \times 100$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 용액 질량 중 용질 질량 비율이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-525 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 분압 법칙

$$P_i = X_i P_{tot}$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 이상기체 혼합물에서 성분 분압이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-530 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 비표준 깁스 에너지

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 현재 조성에서 반응의 자발성을 판단한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-531 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - pH

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 수소이온 농도를 로그로 표현한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-532 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - pOH

$$pOH = -\log_{10}[OH^-]$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 수산화이온 농도를 로그로 표현한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-533 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 물의 이온곱

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 25도에서 대략 1.0×10^{-14} 이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-535 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 염기 해리상수

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 염기의 세기를 나타낸다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-540 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 삼투압

$$\Pi = iCRT$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 반투막을 사이에 둔 용액의 압력이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-541 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 라울 법칙

$$P_i = X_i P_i^\circ$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 이상용액에서 성분의 증기압이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-542 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 헨리 법칙

$$C = k_H P$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 기체 용해도는 부분압에 비례한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-546 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 0차 반응 적분식

$$[A]_t = [A]_0 - kt$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 농도가 시간에 선형으로 감소한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-547 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 1차 반응 적분식

$$\ln[A]_t = \ln[A]_0 - kt$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 농도가 지수적으로 감소한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-548 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 2차 반응 적분식

$$\frac{1}{[A]_t} = \frac{1}{[A]_0} + kt$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 역농도가 시간에 선형 증가한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-551 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 아레니우스 선형형

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{R} \frac{1}{T}$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 기울기로 활성화에너지를 추정한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-552 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 아이링 식

$$k = \frac{k_B T}{h} e^{-\Delta G^\ddagger / (RT)}$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전이상태 이론의 속도상수 식이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-555 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 패러데이 전기분해

$$m = \frac{ItM}{nF}$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전하량으로 석출 질량을 계산한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-556 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 쿨롱 전위에너지

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r}$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 이온 사이 정전기적 에너지이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-557 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 보어 반지름

$$a_0 = \frac{4\pi\epsilon_0\hbar^2}{m_e e^2}$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 수소 원자 길이 스케일이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-558 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 리드베리 식

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 수소 스펙트럼 선의 파장을 준다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-561 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 분배계수

$$K_D = \frac{[S]_{org}}{[S]_{aq}}$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 용질이 두 상에 나뉘는 비율이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-562 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 크로마토그래피 R_f

$$R_f = \frac{d_{spot}}{d_{solvent}}$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 박층 크로마토그래피에서 이동 비율이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-563 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - 데바이-홀켈 이온세기

$$I = \frac{1}{2} \sum_i c_i z_i^2$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전해질 용액의 이온 환경을 나타낸다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-566 | [고등] 화학 / 일반화학 물리화학 - BET 식

$$\frac{P}{v(P_0 - P)} = \frac{1}{v_m C} + \frac{C - 1}{v_m C} \frac{P}{P_0}$$

의미: 물질의 양, 평형, 반응, 에너지 변화를 계산하는 기초이다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 다층 흡착으로 표면적을 구한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-568 | [대학] 화학 / 분석 유기 무기 재료화학 - 라인위버-버크

$$\frac{1}{v} = \frac{K_M}{V_{max}} \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{max}}$$

의미: 실험 분석, 분자 구조, 반응성, 재료 특성을 정량화한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 효소 속도 데이터를 직선화한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-569 | [대학] 화학 / 분석 유기 무기 재료화학 - 하멧 식

$$\log \frac{k}{k_0} = \rho\sigma$$

의미: 실험 분석, 분자 구조, 반응성, 재료 특성을 정량화한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 치환기 효과와 반응성을 선형 자유에너지 관계로 나타낸다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-570 | [대학] 화학 / 분석 유기 무기 재료화학 - SN1 속도식

$$r = k[RX]$$

의미: 실험 분석, 분자 구조, 반응성, 재료 특성을 정량화한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 속도결정단계가 기질의 이온화인 경우이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-571 | [대학] 화학 / 분석 유기 무기 재료화학 - SN2 속도식

$$r = k[RX][Nu^-]$$

의미: 실험 분석, 분자 구조, 반응성, 재료 특성을 정량화한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 친핵체와 기질이 동시에 관여한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-573 | [대학] 화학 / 분석 유기 무기 재료화학 - 고분자 수평균분자량

$$M_n = \frac{\sum_i N_i M_i}{\sum_i N_i}$$

의미: 실험 분석, 분자 구조, 반응성, 재료 특성을 정량화한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 분자 개수로 평균낸 분자량이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-574 | [대학] 화학 / 분석 유기 무기 재료화학 - 고분자 중량평균분자량

$$M_w = \frac{\sum_i N_i M_i^2}{\sum_i N_i M_i}$$

의미: 실험 분석, 분자 구조, 반응성, 재료 특성을 정량화한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 무거운 분자에 더 큰 가중치를 둔다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-576 | [대학] 화학 / 분석 유기 무기 재료화학 - 카라더스 식

$$X_n = \frac{1}{1-p}$$

의미: 실험 분석, 분자 구조, 반응성, 재료 특성을 정량화한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 단계중합에서 전환율과 중합도 관계이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-577 | [대학] 화학 / 분석 유기 무기 재료화학 - 플로리-허긴스 혼합자유에너지

$$\frac{\Delta G_{mix}}{RT} = \frac{\phi_1}{N_1} \ln \phi_1 + \frac{\phi_2}{N_2} \ln \phi_2 + \chi \phi_1 \phi_2$$

의미: 실험 분석, 분자 구조, 반응성, 재료 특성을 정량화한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 고분자 용액 혼합의 기본 모델이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-578 | [대학] 화학 / 분석 유기 무기 재료화학 - 아보가드로 격자 밀도

$$\rho = \frac{nM}{N_A V_c}$$

의미: 실험 분석, 분자 구조, 반응성, 재료 특성을 정량화한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 단위격자 정보로 결정 밀도를 구한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-579 | [대학] 화학 / 분석 유기 무기 재료화학 - 쇼트키 결함 농도

$$n \propto e^{-E_f/(2k_B T)}$$

의미: 실험 분석, 분자 구조, 반응성, 재료 특성을 정량화한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 이온 결정의 결함 농도 근사이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-580 | [대학] 화학 / 분석 유기 무기 재료화학 - 확산 플럭스 피크

$$J = -D \frac{dc}{dx}$$

의미: 실험 분석, 분자 구조, 반응성, 재료 특성을 정량화한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 농도구배가 입자 흐름을 만든다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-582 | [대학] 화학 / 분석 유기 무기 재료화학 - 부식 전류와 속도

$$r_{corr} \propto i_{corr}$$

의미: 실험 분석, 분자 구조, 반응성, 재료 특성을 정량화한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전기화학 부식 속도는 부식전류와 비례한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-583 | [대학] 화학 / 분석 유기 무기 재료화학 - 타펠 식

$$\eta = a + b \log i$$

의미: 실험 분석, 분자 구조, 반응성, 재료 특성을 정량화한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전극 과전압과 전류의 로그 관계이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-586 | [대학] 화학 / 분석 유기 무기 재료화학 - 적외선 진동수

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}}$$

의미: 실험 분석, 분자 구조, 반응성, 재료 특성을 정량화한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 결합을 조화진동자로 근사한 진동수이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-587 | [대학] 화학 / 분석 유기 무기 재료화학 - 결정장 안정화 에너지

$$\Delta E = n_{t_{2g}}(-0.4\Delta_o) + n_{e_g}(0.6\Delta_o)$$

의미: 실험 분석, 분자 구조, 반응성, 재료 특성을 정량화한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 팔면체 결정장에서 d 전자 안정화를 계산한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-588 | [대학] 화학 / 분석 유기 무기 재료화학 - 깁스 흡착식

$$\Gamma = -\frac{1}{RT} \frac{d\gamma}{d \ln a}$$

의미: 실험 분석, 분자 구조, 반응성, 재료 특성을 정량화한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 계면장력 변화와 표면흡착량을 연결한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-589 | [대학] 화학 / 분석 유기 무기 재료화학 - 푸리에 변환 적외선 해상도

$$\Delta\nu \approx \frac{1}{\Delta x_{max}}$$

의미: 실험 분석, 분자 구조, 반응성, 재료 특성을 정량화한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 간섭계 최대 경로차가 분해능을 결정한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-590 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 키르히호프 전류법칙

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 노드에서 전하는 쌓이지 않는다고 보는 법칙이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-591 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 키르히호프 전압법칙

$$\sum_{loop} V = 0$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 폐회로를 한 바퀴 돌면 전위 변화 합이 0이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-592 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 전압분배

$$V_o = V_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 직렬 저항 두 개에서 출력 전압을 나눈다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-593 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 전류분배

$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 병렬 저항 두 개에서 작은 저항에 더 큰 전류가 흐른다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-594 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 직렬저항

$$R_{eq} = \sum_i R_i$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 저항을 직렬로 연결하면 더해진다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-595 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 병렬저항

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum_i \frac{1}{R_i}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 저항을 병렬로 연결하면 역수 합을 쓴다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-596 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 직렬 커패시터

$$\frac{1}{C_{eq}} = \sum_i \frac{1}{C_i}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 커패시터 직렬은 저항 병렬과 비슷하다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-597 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 병렬 커패시터

$$C_{eq} = \sum_i C_i$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 커패시터 병렬은 용량이 더해진다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-598 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 직렬 인덕터

$$L_{eq} = \sum_i L_i$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 상호인덕턴스가 없을 때 직렬 인덕턴스 합이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-599 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - RC 시간상수

$$\tau = RC$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 커패시터 충전 속도 정하는 시간 스케일이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-600 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - RC 충전

$$v_C(t) = V_s(1 - e^{-t/RC})$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 처음 0 V인 커패시터가 전원으로 충전된다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-601 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - RC 방전

$$v_C(t) = V_0 e^{-t/RC}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 초기전압이 지수적으로 감소한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-602 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - RL 시간상수

$$\tau = \frac{L}{R}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 인덕터 전류 변화의 시간 스케일이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-603 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - RL 전류 상승

$$i_L(t) = \frac{V_s}{R}(1 - e^{-tR/L})$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 스위치를 켜 뒤 인덕터 전류가 증가한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-604 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 커패시터 임피던스

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 주파수가 높을수록 커패시터 임피던스는 작다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-607 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - RLC 공진주파수

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 인덕터와 커패시터 리액턴스가 상쇄되는 주파수이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-608 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - RLC 품질계수 직렬

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 RC}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 저항이 작을수록 공진이 날카롭다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-610 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 역률

$$\text{pf} = \cos \phi = \frac{P}{|S|}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전압과 전류 위상차에 따른 실제 전력 비율이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-613 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 최대전력전달

$$R_L = R_{th}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 부하 저항이 테브난 저항과 같을 때 최대 전력을 받는다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-614 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 이상 연산증폭기 반전이득

$$A_v = -\frac{R_f}{R_{in}}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 가상접지 조건으로 반전 증폭기 이득을 구한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-615 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 이상 연산증폭기 비반전이득

$$A_v = 1 + \frac{R_f}{R_g}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 입력 임피던스가 큰 비반전 증폭기이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-616 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 적분기

$$v_o(t) = -\frac{1}{RC} \int v_i(t) dt$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 연산증폭기로 입력을 시간 적분한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-618 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 1차 저역통과 차단주파수

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 출력이 3 dB 줄어드는 주파수이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-619 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 1차 고역통과 차단주파수

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 낮은 주파수를 막고 높은 주파수를 통과시킨다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-622 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 제너 기준식

$$V_o \approx V_Z$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 역항복 영역에서 전압 기준으로 쓴다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-628 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - MOSFET 포화영역

$$I_D = \frac{1}{2} \mu C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_T)^2$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 장채널 MOSFET 포화 전류 근사이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-630 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 채널길이 변조

$$I_D \approx I_{D0}(1 + \lambda V_{DS})$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 포화영역에서도 드레인 전압에 전류가 조금 증가한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-634 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 샷잡음 전류

$$\overline{i_n^2} = 2qI\Delta f$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전하의 불연속 흐름 때문에 생긴다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-639 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 손실없는 전송선

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: R과 G가 작을 때의 특성임피던스이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-643 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - p-n 접합 내장전압

$$V_{bi} = V_T \ln \frac{N_A N_D}{n_i^2}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 도핑 농도에 따른 접합의 내장전위이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-644 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 공핍층 폭

$$W = \sqrt{\frac{2\epsilon_s}{q} \frac{N_A + N_D}{N_A N_D} (V_{bi} - V_a)}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 역바이어스가 커지면 공핍층이 넓어진다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-645 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 캐리어 드리프트 전류

$$J_{drift} = q(n\mu_n + p\mu_p)E$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전기장에 의한 전하 운반자 이동 전류이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-646 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 확산 전류

$$J_n = qD_n \frac{dn}{dx}, \quad J_p = -qD_p \frac{dp}{dx}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 농도구배에 의해 전하 운반자가 퍼진다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-647 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 아인슈타인 관계

$$\frac{D}{\mu} = \frac{k_B T}{q}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 확산계수와 이동도의 관계이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-648 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - 연속방정식 반도체

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \frac{1}{q} \nabla \cdot \mathbf{J}_n + G_n - R_n$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 캐리어 수 보존과 생성 재결합을 나타낸다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-650 | [대학] 공학 / 회로 전자 반도체 - MOS 문턱전압 근사

$$V_T = V_{FB} + 2\phi_F + \frac{\sqrt{4q\epsilon_s N_A \phi_F}}{C_{ox}}$$

의미: 전압, 전류, 전하 운반자, 소자의 입출력 관계를 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: MOSFET이 강한 반전을 시작하는 전압이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-651 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - LTI 컨볼루션 합성

$$y(t) = x(t) * h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)h(t - \tau)d\tau$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 입력과 임펄스응답으로 출력을 구한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-652 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 이산 컨볼루션

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]h[n-k]$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 이산시간 LTI 시스템 출력이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-656 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 단위계단 응답

$$y_{step}(t) = \int_0^t h(\tau) d\tau$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 임펄스응답을 누적하면 계단응답이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-657 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 샘플링 정리

$$f_s > 2f_{max}$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 나이퀴스트 주파수보다 높게 샘플링해야 앨리어싱을 피한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-658 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 앨리어싱

$$f_{alias} = |f - kf_s|$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 샘플링 후 낮은 주파수로 접혀 보일 수 있다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-659 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 디지털 주파수

$$\Omega = \frac{2\pi f}{f_s}$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 연속 주파수를 샘플당 라디안으로 바꾼다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-660 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - FIR 필터

$$y[n] = \sum_{k=0}^M b_k x[n-k]$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 유한 길이 임펄스응답 필터이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-661 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - IIR 필터

$$y[n] = \sum_k b_k x[n-k] - \sum_{k=1}^N a_k y[n-k]$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 과거 출력이 다시 들어가는 재귀 필터이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-662 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 이동평균 필터

$$y[n] = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} x[n-k]$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 잡음을 줄이는 가장 간단한 저역통과 필터이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-665 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 1차 시스템 전달함수

$$G(s) = \frac{K}{\tau s + 1}$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 시간상수 τ 를 가진 가장 기본적인 지연 시스템이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-666 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 2차 표준형

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 제어와 진동에서 표준 2차 응답이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-668 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 오차 전달함수

$$E(s) = \frac{R(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 피드백이 오차를 줄이는 구조를 보여준다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-670 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 안정조건 연속시간

$$\operatorname{Re}(p_i) < 0$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 모든 극점이 좌반평면에 있어야 안정하다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-671 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 안정조건 이산시간

$$|z_i| < 1$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 모든 극점이 단위원 안에 있어야 안정하다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-672 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 최종값 정리

$$\lim_{t \rightarrow \infty} y(t) = \lim_{s \rightarrow 0} sY(s)$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 안정 조건이 맞을 때 정상상태값을 구한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-673 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 초기값 정리

$$\lim_{t \rightarrow 0^+} y(t) = \lim_{s \rightarrow \infty} sY(s)$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 초기 순간의 값을 s영역에서 구한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-676 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 상태천이행렬

$$\mathbf{x}(t) = e^{At}\mathbf{x}(0) + \int_0^t e^{A(t-\tau)}B\mathbf{u}(\tau)d\tau$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 선형 상태방정식의 해이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-677 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 가제어성 행렬

$$\mathcal{C} = [B \ AB \ A^2B \ \cdots \ A^{n-1}B]$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: rank가 n이면 모든 상태를 제어할 수 있다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-678 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 가관측성 행렬

$$\mathcal{O} = \begin{bmatrix} C \\ CA \\ \vdots \\ CA^{n-1} \end{bmatrix}$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: rank가 n이면 출력으로 상태를 추정할 수 있다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-679 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 리카티 방정식 LQR

$$A^T P + P A - P B R^{-1} B^T P + Q = 0$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 선형 이차 조절기의 핵심 방정식이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-680 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - LQR 이득

$$K = R^{-1} B^T P$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 상태 피드백 $u = -Kx$ 의 최적 이득이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-683 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 칼만 예측

$$\hat{x}_{k|k-1} = A\hat{x}_{k-1|k-1} + Bu_k$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 이전 상태와 입력으로 다음 상태를 예측한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-684 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 칼만 이득

$$K_k = P_{k|k-1} H^T (H P_{k|k-1} H^T + R)^{-1}$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 예측과 측정 중 무엇을 더 믿을지 정한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-685 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - AM 변조

$$s(t) = A_c[1 + k_a m(t)] \cos \omega_c t$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 반송파 진폭에 메시지를 실는다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-686 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - FM 순간주파수

$$f_i(t) = f_c + k_f m(t)$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 메시지에 따라 주파수를 바꾼다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-687 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 위상변조

$$s(t) = A_c \cos(\omega_c t + k_p m(t))$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 반송파 위상에 정보를 실는다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-688 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 나이퀴스트 ISI 조건

$$p(nT) = \delta[n]$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 심볼 간 간섭이 없도록 펄스가 샘플 지점에서 직교한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-690 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 에너지당 비트 SNR

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S}{N} \frac{B}{R_b}$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 디지털 통신 성능을 비교하는 지표이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-691 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - BPSK BER

$$P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: AWGN 채널에서 BPSK 비트오류율이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-692 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - QPSK 심볼

$$s_k = Ae^{j(\pi/4 + k\pi/2)}$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 2비트를 한 심볼에 실을 수 있다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-693 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - OFDM 부반송파 직교성

$$\Delta f = \frac{1}{T}$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 심볼 시간 T에서 부반송파 간격을 맞춘다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-694 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 링크 버짓

$$P_r = P_t + G_t + G_r - L_p - L_{misc}$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: dB 단위로 송수신 전력을 합산한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-696 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 자유공간 경로손실

$$FSPL_{dB} = 20 \log_{10} \frac{4\pi R}{\lambda}$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 거리와 파장에 따른 경로손실이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-697 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 레이더 거리방정식

$$P_r = \frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4}$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 표적 반사 신호 세기를 추정한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-699 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - MIMO 용량

$$C = \log_2 \det \left(I + \frac{\rho}{N_t} H H^H \right)$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 다중 안테나 채널의 용량 표현이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-700 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 해밍거리

$$d_H(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sum_i \mathbf{1}_{x_i \neq y_i}$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 두 코드워드가 다른 위치 수이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-702 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 패리티 체크

$$H\mathbf{c}^T = \mathbf{0}$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 선형 블록코드의 유효 코드워드 조건이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-703 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 컨볼루션 코드 출력

$$y[n] = \sum_k g[k]x[n-k]$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 입력 비트열과 생성 다항식의 컨볼루션이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-704 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 크로스상관

$$R_{xy}[m] = \sum_n x[n]y^*[n-m]$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 두 신호의 시간 지연 유사도를 계산한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-705 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 자기상관

$$R_{xx}[m] = \sum_n x[n]x^*[n-m]$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 신호가 자기 자신과 얼마나 닮았는지 본다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-706 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 전력스펙트럼밀도

$$S_{xx}(f) = \mathcal{F}\{R_{xx}(\tau)\}$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 상관함수와 스펙트럼은 푸리에 쌍이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-707 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 매치드 필터

$$h(t) = ks^*(T - t)$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: AWGN에서 알려진 신호 검출 SNR을 최대화한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-708 | [대학] 공학 / 신호 시스템 제어 통신 - 위너 필터

$$H(f) = \frac{S_{xx}(f)}{S_{xx}(f) + S_{nn}(f)}$$

의미: 신호의 시간-주파수 표현, 안정성, 피드백, 정보 전달을 다룬다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 신호와 잡음 스펙트럼을 고려한 최적 선형 필터이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-709 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 공칭응력

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 단면적당 축하중이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-710 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 공칭변형률

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 원래 길이에 대한 길이 변화 비율이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-711 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 후크 법칙

$$\sigma = E\epsilon$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 탄성범위에서 응력과 변형률이 비례한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-712 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 전단응력

$$\tau = \frac{V}{A}$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 면에 평행하게 작용하는 힘의 단위면적당 크기이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-713 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 전단변형률

$$\gamma = \frac{\tau}{G}$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 선형 탄성 전단 관계이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-714 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 포아송비

$$\nu = -\frac{\epsilon_{trans}}{\epsilon_{axial}}$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 축방향 변형과 횡방향 변형의 비이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-715 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 탄성계수 관계

$$E = 2G(1 + \nu)$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 등방성 선형탄성체의 물성 관계이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-717 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 열변형률

$$\epsilon_T = \alpha \Delta T$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 온도 변화에 따른 자유 열팽창 변형률이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-720 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 보 처짐 방정식

$$EI \frac{d^2v}{dx^2} = M(x)$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 굽힘모멘트가 곡률을 만든다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-724 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 모어 원 중심

$$C = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 평면응력 변환을 원으로 해석한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-725 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 주응력

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전단응력이 0인 방향의 정상응력이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-726 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 폰 미제스 응력

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 연성재료 항복 판단에 쓰인다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-729 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 파괴인성 조건

$$K_I = Y\sigma\sqrt{\pi a} < K_{IC}$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 균열이 불안정하게 성장하지 않는 조건이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-730 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 푸리에 열전도

$$\dot{Q} = -kA \frac{dT}{dx}$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 온도구배가 열흐름을 만든다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-735 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 푸리에 수

$$Fo = \frac{\alpha t}{L^2}$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 비정상 열전도의 무차원 시간이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-737 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 프란틀 수

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha}$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 운동량 확산과 열확산의 비이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-741 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 관마찰 손실

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 다아시-바이스바흐 관마찰 손실이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-742 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 무디 마찰계수 층류

$$f = \frac{64}{Re}$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 원관 층류의 다아시 마찰계수이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-743 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 펌프동력

$$P = \frac{\rho g Q H}{\eta}$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 유량과 양정, 효율로 펌프 동력을 구한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-744 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 제어체적 질량보존

$$\frac{d}{dt} \int_{CV} \rho dV + \int_{CS} \rho \mathbf{v} \cdot \mathbf{n} dA = 0$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 제어체적 내 질량 변화와 경계 유출입을 합친다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-745 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 제어체적 운동량

$$\sum \mathbf{F} = \frac{d}{dt} \int_{CV} \rho \mathbf{v} dV + \int_{CS} \rho \mathbf{v} (\mathbf{v} \cdot \mathbf{n}) dA$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 유체가 구조물에 주는 힘 계산에 쓰인다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-746 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 연속체 변형률 텐서

$$\epsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 작은 변형에서 변위구배의 대칭 성분이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-747 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 선형탄성 일반화 훅 법칙

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \epsilon_{kl}$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 응력과 변형률을 4차 탄성텐서로 연결한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-748 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - FEM 약형 예

$$\int_{\Omega} \nabla w \cdot k \nabla u \, d\Omega = \int_{\Omega} w f \, d\Omega$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 편미분방정식을 유한요소법에 맞는 적분형으로 바꾼다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-749 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 형상함수 보간

$$u^h(x) = \sum_i N_i(x) u_i$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 요소 내부 해를 노드값으로 보간한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-751 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 질량행렬

$$M_{ij} = \int_{\Omega} \rho N_i N_j d\Omega$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 동역학 FEM에서 관성 효과를 나타낸다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-753 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 할-페치 관계

$$\sigma_y = \sigma_0 + kd^{-1/2}$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 결정립이 작을수록 항복강도가 커지는 경험식이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-754 | [대학] 공학 / 기계 토목 열 유체 재료 - 아레니우스 크리프

$$\dot{\epsilon} = A\sigma^n e^{-Q/(RT)}$$

의미: 연속체, 구조, 열, 유동, 재료의 거동을 공학적으로 계산한다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 고온 크리프 변형률 속도 모델이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-756 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 에너지수지 정상류

$$\dot{Q} - \dot{W} + \sum \dot{m}_{in} h_{in} - \sum \dot{m}_{out} h_{out} = 0$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 정상상태 개방계 에너지 보존식이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-757 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - CSTR 설계식

$$V = \frac{F_{A0}X}{-r_A}$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 완전혼합 연속반응기의 부피를 구한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-758 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - PFR 설계식

$$V = \int_0^X \frac{F_{A0}}{-r_A} dX$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 관형반응기의 필요한 부피이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-759 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 배치반응기

$$t = \int_{N_{A0}}^{N_A} \frac{dN_A}{r_A V}$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 시간에 따라 조성이 변하는 반응기이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-761 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 1차 PFR 전환율

$$X = 1 - e^{-k\tau}$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 1차 반응 플러그흐름 반응기의 전환율이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-762 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 질량전달 플럭스

$$N_A = k_c(C_{A,i} - C_{A,b})$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 경계층을 통한 물질전달률이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-765 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 페클레 수

$$Pe = \frac{vL}{D}$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 대류 수송과 확산 수송의 비이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-766 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 다르시 법칙

$$Q = -\frac{kA}{\mu} \frac{\Delta P}{L}$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 다공성 매질 흐름을 모델링한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-767 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 전지 에너지

$$E_{bat} = QV$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 전하량과 전압으로 저장 에너지를 근사한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-768 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 배터리 C-rate

$$C\text{-rate} = \frac{I}{Q_{nom}}$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 정격용량 대비 충방전 전류 속도이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-769 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 태양전지 충전율

$$FF = \frac{V_{mp}I_{mp}}{V_{oc}I_{sc}}$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 태양전지 I-V 곡선의 사각형 품질이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-770 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 태양전지 효율

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}}$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 입사광 파워 대비 최대 출력 파워이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-771 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 풍력 출력

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 C_p$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 풍속의 세제곱에 비례한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-772 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 베츠 한계

$$C_{p,max} = \frac{16}{27}$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 이상 풍력터빈의 최대 에너지 추출 비율이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-773 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 로봇 순기구학

$$T_{0n} = T_{01}T_{12} \cdots T_{n-1,n}$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 각 관절 변환을 곱해 말단 자세를 구한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-774 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - DH 변환

$$T_i = R_z(\theta_i)T_z(d_i)T_x(a_i)R_x(\alpha_i)$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 로봇 링크 좌표계를 체계적으로 연결한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-777 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 역운동학 뉴턴법

$$\Delta q = J^+(q)\Delta x$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 원하는 말단 변화에 맞춰 관절 변화를 구한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-778 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - SLAM 베이지스 필터

$$p(x_t, m | z_{1:t}, u_{1:t})$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 로봇 위치와 지도를 관측과 입력으로 추정한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-779 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 경로계획 A star

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 지금까지 비용과 남은 비용 추정을 합쳐 노드를 선택한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-780 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 라플라스 근사

$$p(\theta|D) \approx \mathcal{N}(\hat{\theta}, H^{-1})$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 후분포를 최댓값 주변 정규분포로 근사한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-782 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 정규방정식 머신러닝

$$\hat{w} = (X^T X)^{-1} X^T y$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 선형회귀의 닫힌형 최소제곱 해이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-783 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 릿지 회귀

$$\hat{w} = (X^T X + \lambda I)^{-1} X^T y$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 가중치 크기를 벌점으로 줘 과적합을 줄인다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-784 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 로지스틱 손실

$$L = - \sum_i [y_i \log p_i + (1 - y_i) \log(1 - p_i)]$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 이진분류의 교차엔트로피 손실이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-785 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 소프트맥스

$$p_i = \frac{e^{z_i}}{\sum_j e^{z_j}}$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 여러 클래스 점수를 확률처럼 정규화한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-786 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 백프로퍼게이션 체인룰

$$\frac{\partial L}{\partial w} = \frac{\partial L}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial w}$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 신경망 학습의 기본 미분 구조이다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-787 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 몬테카를로 평균

$$\mathbb{E}[f(X)] \approx \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f(x_i)$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 무작위 표본으로 기대값을 근사한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-790 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 스케일링 법칙

$$y \propto x^\alpha$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 로그-로그 그래프에서 기울기 alpha를 읽는다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.

F-791 | [대학원] 공학 / 화공 에너지 로봇 컴퓨팅 연구 - 불확도 전파

$$\sigma_y^2 \approx \sum_i \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)^2 \sigma_{x_i}^2$$

의미: 공정, 에너지, 로봇, 계산, 연구 모델링의 공통 수식을 모은다.

변수와 단위: 공식의 문자는 문제에서 주어진 수량이나 함수이다. 단위가 있는 경우 SI 단위로 맞춘다.

적용 예: 측정 오차가 계산 결과에 전달되는 정도를 추정한다.

체크: 적용 조건과 근사 가정이 맞는지 확인한다.