4 일반전형 자연계열(물리) 논술고사

4.1 일반전형 자연계열(물리) 논술고사 일반정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 일반전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(물리)	
출제 범위	고등학교 과목명	물리Ⅰ, 물리Ⅱ
	핵심개념 및 용어	역학적 에너지, 질량-에너지 동등성, 운동량, 충격량, 빛의 입자성, 광자의 운동량, 파동의 중첩, 보강간섭, 상쇄간섭, 경로차, 흑체, 빈 법칙, 슈테판-볼츠만 법칙
예상 소요 시간	60분	

4.2 일반전형 자연계열(물리) 논술고사 기출문제

[첨부 파일 참조]

4.3 출제의도 및 문제분석

[출제 의도]

고등학교 물리 교과과정의 기본 개념과 원리 이해를 바탕으로, 복합적인 과제를 수행하도록 하여, 문제 이해력, 논리적 분석력, 문제 통합 및 해결 능력을 골고루 평가하고자 하였다. 특히, 기본 개념으로부터 시작하여, 복잡한 물리적 상황을 체계적으로 해결하는 능력을 집중적으로 평가하고자 노력하였다.

[제시문, 문항 분석 및 교과과정과의 연계성]

- 고등학교 물리 교과에서 다루는 다양한 개념들을 통합하여 보다 복합적인 상황의 문제를 해결하는 과정을 평가하고자 하였다. 이를 위해 중력을 받으며 움직이는 물체와 간섭 실험 장치의 여러 상황을 제시하고 뉴턴의 운동 법칙, 파동의 간섭 현상에 대한 기본 개념 및 빛 신호 분석, 열물리 및 현대물리 등 교과과정 범위의 다양한 내용을 다루도록 하였다.

- 다양한 물리 개념을 설명하는 제시문을 제시하여 기본 개념을 파악할 수 있도록 하였으며, 이를 바탕으로 복합적인 물리적 상황을 점진적으로 이해하며 설명할 수 있도록 문제를 구성하였다. 이러한 문제 해결 과정을 통해 과학적 사고 능력과 복합적인 물리 개념을 통합적으로 분석할 수 있는 능력을 종합적으로 평가하고자 하였다.

- 물리 논술은 중력에 의해 원궤도 운동하는 물체들이 에너지를 잃어버리고 하나의 물체가 되는 상황을 이해하는 문항으로 시작하였다. 뉴턴의 중력 법칙과 에너지-질량 등가원리로 에너지 방출을 설명하도록 하였다. 다음으로 레이저 빛이 평행한 거울을 왕복할 때 거울에 가하는 힘을 광자의 운동량과 왕복 운동에 걸리는 시간 등 물리학의 기본 개념을 이용하여 이해하고 힘의 평형 개념을 적용하여 거울이 밀려나는 정도를 기술하게 하였다. 간섭 실험 장치에서 파동의 간섭 현상을 특히 간섭 실험 장치의 거울이 진동하는 경우에 대해 정확히 이해하고 기술할 수 있도록 하였다. 그리고 구형 흑체에 빛이 조사되는 경우 온도의 변화와 복사를 흑체에 대한 열역학 기본 법칙과 빛의 진행에 대한

기하학적 이해를 바탕으로 설명하도록 하였다. 빛의 진행과 반사, 힘의 평형, 열역학이 동시에 고려되는 복합적인 물리적 상황을 제시하여 사고력과 기본적인 물리 지식을 복합적으로 이용하여 문제를 해결하도록 하였다. 세부적으로 다음의 이해도를 평가할 수 있도록 각 문항을 구성하였다.

[문제1]

중력에 의해 느리게 궤도 운동하는 물체로 이루어진 계의 역학적 에너지와 질량 에너지를 고려하여 에너지를 이해하는 문항이다. 궤도 반지름 변화에 따른 에너지의 변화와 질량 결손에 따른 에너지 변화를 모두 고려하여 방출되는 에너지를 에너지 보존 법칙과 역학에 대한 기본 개념에 대한 이해를 평가하고자 하였다.

교과 연계성: 시간, 공간, 운동, 운동과 에너지(물리I: 운동 법칙과 역학적 에너지, 만유인력, 질량-에너지 동등성, 물리II: 힘과 운동)

[문제2]

빛의 반사에 의한 운동량 전달과 힘을 이해하고, 중력장에서 끈에 묶여 있는 진자에 주어지는 힘의 평형을 적용하여 밀려나는 각도를 설명할 수 있는지 묻는 문항이다. 빛을 광자로 이해하여 파장으로부터 운동량을 알아내고, 거울에서 반사할 때 운동량의 변화 그리고 왕복 운동에 걸리는 시간을 고려하여 거울에 가해지는 빛에 의한 힘을 추론하여, 끈에 달려있는 거울이 밀려나면서 각도를 이룰 때 중력과 끈의 장력과의 평형 조건을 정확히 적용하여 끈의 연직선과 이루는 각도를 기술할 수 있는지 묻는다. 여러 물리적 조건에 대한 상황 이해와 관련 물리 법칙의 정확한 적용 능력을 평가하고자 하였다.

교과 연계성: 뉴턴의 운동법칙(물리I, II: 진자, 충격의 크기), 빛의 이중성 (물리I, II: 물질의 이중성, 양자물리), 파동과 빛(물리 II: 레이저), 에너지(물리I: 힘의 평형과 안정성)

[문제3]

간섭 실험 장치에서 거울의 운동을 고려한 빛의 진행 경로 차이와 빛의 중첩에 의한 간섭을 복합적으로 이해하고 현상을 설명할 수 있는지 묻는 문항이다. 주어진 조건에서 거울의 위치 변화에 따라 애초에 조정된 빛의 경로에 부가적인 변화를 일으키면 결과적으로 빛의 간섭에 변화를 발생시키게 된다는 것을 유추하여, 빛 검출기에 들어오는 신호의 상쇄 및 보강 간섭의 형태를 설명하도록 하였다.

교과 연계성: 물질의 이중성(물리I: 원자모형, 물리 II: 물질파/드브로이 파), 파동과 빛(물리 II: 파동의 간섭, 거울과 렌즈)

[문제4]

간섭 실험 장치에서 빛 검출기 방향으로 나오는 빛이 흑체에 비추어질 때 흑체의 온도 변화와 복사에 대해 묻는다. 주변의 온도를 고려하여 흑체의 열물리학적 특성을 이해하고, 빛을 통한 에너지 전달 및 복사에 대해 이해하여, 주어진 상황에 적용할 수 있는 능력을 요구한다. 주어진 기하학적 상황에서 흑체에 열이 비추었을 때 흑체의 단면에 해당하는 넓이에 비례하여 흡수되는 에너지가 결정되고, 흑체의 전체 표면의 넓이에 비례하여 복사 에너지가 결정된다는 것을 정확히 이해하고, 주어진 흑체 온도에서 방출되는 에너지의 파장 분포를 설명할 수 있도록 하였다.

교과 연계성: 열에너지(물리I: 열전달, 열역학 법칙, 물리II: 온도와 열, 열평형, 복사, 슈테판-볼츠만 법칙), 빛의 이중성 (물리I: 물질의 이중성, 양자물리)

4.4 일반전형 자연계열(물리) 논술고사 출제 근거

4.4.1 교육과정 근거

적용 교육과정	1. 교육인적자원부 고시 제2011-361호[별책9] “과학과 교육과정”
관련 성취기준	[과학]-(2)-(라) 행성의 탈출 속도를 위치에너지와 운동에너지를 이용하여 이해하고, 목성, 금성, 화성 등의 대기 성분 차이를 탈출속도 및 기체 분자의 구조, 끓는점, 분자량, 평균운동에너지 등과 관련지어 이해한다. [물리Ⅰ]-(1)-(가)-④ 뉴턴의 운동법칙을 1차원 운동에 적용하고, 스포츠 등에서 충격량과 운동량 변화의 관계를 이해한다. [물리Ⅰ]-(1)-(가)-⑤ 등가속도 운동에서 일•운동 에너지의 정리를 이해하고, 역학적 에너지가 보존되기 위해서는 퍼텐셜 에너지를 도입하는 것이 필요함을 안다. [물리Ⅰ]-(1)-(나)-② 빛의 속도일정, 시간지연, 길이수축, 동시성, 질량-에너지 동등성 등 특수 상대성 이론의 기본원리에 대해 이해한다. [물리Ⅰ]-(4)-(나)-② 힘과 돌림힘의 평형을 이용하여 구조물의 안정성을 정량적으로 계산할 수 있다. [물리Ⅱ]-(1)-(가)-⑥ 단진동의 의미와 진자의 주기에 영향을 주는 변인을 이해한다. [물리Ⅱ]-(3)-(가)-③ 정상파와 공명, 굴절과 반사, 회절과 간섭 등 파동의 성질에 대해 이해한다. [물리Ⅱ]-(4)-(가)-① 흑체복사에 대하여 빈 법칙, 슈테판-볼츠만 법칙 등이 만족됨을 알고 플랑크 양자설을 이해한다. [물리Ⅱ]-(4)-(가)-② 광전효과와 컴프턴 산란을 통하여 빛의 입자성을 이해한다.

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	과학	안태인 외	금성출판사	2011	70
	과학	김희준 외	㈜상상아카데미	2011	113~114
	과학	전동렬 외	㈜미래엔	2011	99~101
	과학	곽영직 외	더텍스트	2011	131~134
	과학	오필석 외	천재교육	2011	124~127
	물리Ⅰ	곽성일 외	천재교육	2011	36, 42~44, 59, 65, 273~277
	물리Ⅰ	김영민 외	교학사	2011	47~49, 52~53, 72~79, 315~319
	물리Ⅱ	김영민 외	교학사	2011	36~38, 188~189, 206~211, 270~276, 287
	물리Ⅱ	곽성일 외	천재교육	2011	190~193, 256~258, 263
기타	수능특강 물리Ⅰ	민보경 외	EBS	2016	39

4.5 일반전형 자연계열(물리) 논술고사 고교교사 검토의견

● **출제참여 고교교사 의견**

[고교교육과정 내 출제 범위에 대한 의견]

- **고교교사A :** 제시문과 질문의 내용은 모두 교육과정 내에 포함되는 내용이다. 물리Ⅰ과 물리Ⅱ 개념과 법칙을 중심으로 지문이 구성되어 있다.
  교육과정 근거 : 제시문 [가], [다], [마]는 물리Ⅰ '시공간의 새로운 이해' 단원의 개념에 대해 설명한다. 제시문 [나]는 물리Ⅱ '파동의 발생과 전달'에서 간섭에 대한 기초 개념을 설명한다. 제시문 [라], [바]는 물리Ⅱ '물질의 이중성'에서 다루는 내용이다.
  교과서 근거 : 제시문 [가]-교학사 물리Ⅰ 74~79쪽. 제시문 [나]-천재교육 물리Ⅱ 190~194쪽. 제시문 [다]-천재교육 물리Ⅰ 54쪽, EBS 수능특강 물리Ⅰ 39P. 제시문[라]-교학사 물리Ⅱ 294~295. 제시문 [마]-천재교육 물리Ⅰ 59쪽. 제시문 [바]-천재교육 물리Ⅱ 256~260쪽.

[고교교육과정 내 출제 수준에 대한 의견]

- **고교교사A :** 1번 질문은 역학적 에너지의 변화를 기술할 수 있는지에 대한 질문과 질량이 에너지로 변할 수 있는지에 대한 질문이며 이는 물리Ⅰ 역학의 기초 수준이다. 2번 질문은 광자가 가지는 운동량을 이해하고 광자의 운동량의 변화를 충격량과 연결지어 생각하는 문제이다. 두 개념의 해석은 수능 문제 정도의 난이도를 가지며 두 개념을 연결 할 수 있다면 문제를 해결할 수 있다. 3번 질문은 물리Ⅱ에서 파동의 경로차를 이해하고 있는 학생이라면 해결 가능한 문제이다. 물리Ⅰ 교과서와 수능특강에서 마이켈슨 간섭계에 대한 설명이 있다. 마이켈슨 간섭계의 구조를 모르더라도 두 파동이 진행하는 경로차가 생겼을 때 나타나는 간섭의 종류를 물리Ⅱ에서 다루고 있기 때문에 교육과정을 충실히 이해하고 있는 학생이라면 문제해결이 가능하다. 4번 질문은 슈테판 볼츠만 법칙과 변위 법칙을 간단하게 적용할 수 있다면 어렵지 않게 해결 가능한 문항이다.

● **선행학습 영향평가 위원회 교사위원 검토의견**

[문제 분석]

제시문은 아인슈타인의 상대성 이론의 밑받침이 된 마이켈슨-몰리 실험을 주된 내용으로 하고 있으며, 이에 포함된 빛의 특성을 간섭, 질량-에너지 동등성, 파장과 운동량의 관계, 흑체 복사 에너지 등을 이용하여 구체적으로 제시되고 있다.

제시문 [가]는 일반 상대성 이론을 다루고 있고, 제시문 [나]는 파동이 중첩할 때 일으키는 간섭에 대해 간략히 설명하고 있다. 제시문 [다]는 간섭 실험 장치의 구조를 그림으로 제시하였으며, 실험 과정 및 원리를 자세히 다루고 있다. 제시문 [라]는 빛의 진동수와 에너지, 운동량과 파장의 관계를 교과서에서 다루는 수준으로 제시하고 있다. 제시문 [마]는 질량-에너지 동등성에 대해서 쌍생성 및 핵반응을 통하여 설명하고 있다. 제시문 [바]는 흑체복사에 대한 슈테판 볼츠만 법칙과 빈의 변위 법칙을 다루고 있다. 제시문 모두 고등학교 교육과정에서 다루고 있는 것으로 쉽게 이해할 수 있는 수준이다.

문항 1은 두 물체가 결합하는 과정에서 역학적 에너지 변화 및 질량이 에너지로 변하는 과정을 통해 방출된 에너지를 구하는 내용이다. 제시문 [가]와 [마]와 관련된 내용을 이용하여 결합 전의 총 에너지와 결합 후의 총 에너지를 비교를 통해 방출된 에너지의 양을 구할 수 있다. 결합 전의 총 에너지는 운동에너지가 포함된 질량에너지와 위치에너지의 합으로, 결합 후의 총 에너지는 운동에너지와 위치에너지가 없는 질량에너지를 통하여 구한 후 비교하면 쉽게 해결이 가능하다.

문항 2는 충격량과 운동량의 변화량의 관계에서 광자가 거울에 작용하는 힘을 구하고, 거울을 매단

끈이 작용하는 힘과 중력 사이의 평형관계를 통하여 거울이 기울어진 각도를 구하는 내용이다. 이 과정에서 광자가 거울에 작용하는 힘을 구하는 것이 문제를 해결하는 핵심 내용이다. 제시문 [라]에서 이를 자세히 다루고 있으므로 어렵지 않게 구할 수 있다.

문항 3은 간섭 실험장치의 거울이 진동함에 따라 빛이 간섭현상을 일으키는 것을 논하는 문항이다. 두 거울의 진동 방향에 따라서 검출기에 나타나는 신호가 변하지 않고 유지되는 경우와 신호가 커지고 작아지는 경우를 구분하여야 한다. 후자의 경우 경로가 다른 두 빛의 경로 차의 범위를 구할 수 있다.

문항 4는 흑체의 온도와 복사 에너지 사이의 관계를 정량적으로 구할 수 있는지를 평가하는 문항이다. 또한 흑체가 빛을 흡수하여 온도가 변하는 경우 출입하는 에너지를 구하고, 파장에 따른 에너지 분포를 이해하고 있는지 평가하고 있다. 모두 교육과정에 포함된 내용으로 제시문 [바]에서 주어지는 내용을 이용하면 간단한 수식을 통해서 해결이 가능한 문항이다.

[평가]

모든 제시문이 고등학교 교육과정에서 다루는 내용으로 이루어져 있고, 모든 문항 역시 교육과정에서 다루는 내용들을 종합적으로 적용하여 해결할 수 있는 것들로 이루어져 있으므로 선행학습이 필요한 수준이 아니다. 제시문을 특정 단원에서 선정한 것이 아니라, 물리 I 의 시공간과 우주 단원과 에너지 단원을, 물리 II 의 운동과 에너지 단원과 파동과 빛, 미시세계와 양자 현상 단원을 모두 사용하였고, 물리 2종 교과서에서 모두 다루는 내용을 사용하였으므로, 특정 교과서나 특정 단원에 따른 유·불리가 발생하지 않는다. 특히 3번 문항의 경우 여러 가지 예시를 언급하여 신호의 특징을 비교하며 논할 수 있으므로 교육과정 범위 내에서 수험생의 심도 깊은 능력을 평가할 수 있을 것으로 판단된다.