

4 일반 전형 자연계열(물리) 논술고사

4.1 일반 전형 자연계열(물리) 논술고사 일반정보

유형	■ 논술고사 □ 면접 및 구술고사	
전형명	수시모집 일반 전형	
해당 대학의 계열(과목) / 문항번호	자연계열(물리)	
출제 범위	고등학교 과목명	물리 I, 물리 II
	핵심개념 및 용어	전기위치에너지, 탄성력, 저항력, 압력, 로렌츠힘, 물질파
예상 소요 시간	60분	

4.2 일반 전형 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 복잡한 상황의 문제를 해결하는 과정을 평가하고자 하였다. 이를 위해 고체를 이루는 원자를 제시하고 전기 및 자기에 관한 기본 개념 분석, 뉴턴의 운동 법칙, 현대물리 등 교과과정 범위의 다양한 내용을 다루도록 하였다.
- 다양한 물리 개념을 설명하는 제시문을 제시하여 기본 개념을 파악할 수 있도록 하였으며, 이를 바탕으로 복잡한 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 단순화시킨 고체 형성 모델을 이해하는 문항으로 시작하였다. 고체의 형성과 관계된 원자들 사이의 상호작용 중 하나인 정전기력을 이해하고, 뉴턴의 운동 법칙과 일-에너지 원리를 적용하여 압력이 가해질 때, 고체의 부피변화를 설명하도록 하였다. 다음으로 뉴턴의 운동 법칙을 이용하여 고체에서 분해되어 나온 이온(대전입자)들의 운동을 기술하도록 했으며, 저항력, 자기장 등이 존재하는 보다 복잡한 상황을 제시하여 다양한 물리 지식을 복합적으로 이용하여 문제 상황을 해결하도록 하였다. 세부적으로 다음의 이해도를 평가할 수 있도록 각 문항을 구성하였다.

[문제1]

단순화한 모델을 통해 고체를 형성하는데 관여하는 원자사이의 상호작용 중 하나인 정전기력을 이해하는 문항이다. 전하들이 가지고 있는 위치에너지-일 사이의 관계를 이해하고, 전하들의 성질과 전위, 전

기적 위치에너지에 관한 기본 개념에 대한 이해를 평가하고자 하였다.

교과 연계성: 전자기장(물리I: 쿨롱의 법칙, 전하와 전기력, 물리II: 전위, 전기적 위치에너지), 물질의 성질(물리: 고체, 원자간 결합)

[문제2]

고체의 압축에 관한 이해를 묻는 문항으로 고체 내부 원자 사이의 힘을 용수철로 모델화하여 외부에서 가해진 압력에 의한 용수철의 길이 변화를 이해하는 문항이다. 뉴턴의 운동법칙을 이용하여 각 용수철에 미치는 힘을 이해하고, 이를 바탕으로 용수철의 길이 수축 정도를 추론하고 고체의 부피 변화를 기술하도록 하였다. 이를 통해 뉴턴의 운동법칙(작용 반작용 및 일-에너지 관계)에 대한 보다 깊은 이해를 평가하고자 하였다.

교과 연계성: 뉴턴의 운동법칙(물리, II: 용수철 진자, 탄성력의 크기), 물질의 성질(물리: 고체, 원자간 결합)

[문제3]

질량이 다른 이온을 빔면으로 흘려보내는 과정을 뉴턴의 운동법칙을 이용해 설명하는 문항으로, 주어진 특별한 조건에서의 속력을 찾아내도록 하여 다양함 힘이 작용할 때의 운동법칙에 대한 이해를 평가하고자 하였다. 이에 더하여, 이온은 미시적인 작은 물체이므로, 찾아낸 속력으로부터 물질의 이중성을 설명할 수 있도록 하여 현대 물리학의 근간을 이루는 양자론에 관한 기본 개념을 평가하고자 하였다.

교과 연계성: 뉴턴의 운동법칙(물리: 중력, 저항력, 알짜힘 찾기, 운동량), 물질의 구조와 성질(물리), 물질의 이중성(물리: 원자모형, 물리 II: 물질파/드브로이 파)

[문제4]

자기장과 중력, 저항력이 동시에 존재하는 상황에서 힘이 평형을 이루어 가는 과정중의 운동을 묻는 문항이다. 운동하는 이온의 속도, 자기장에서 받는 힘, 이온의 운동 속도에 따른 저항력의 변화를 동시에 고려하여 이온의 운동을 올바르게 이해하는지를 평가하고자 하였으며, 수학적 계산을 배제하고 개념적 설명을 요구하여 물리적 개념 이해에 평가의 초점을 맞추었다.

교과 연계성: 자기장 내에서 전하가 받는 힘(물리 I: 자기장 역학적 평형, 물리II: 로런츠 힘, 시이클로트론 진동수), 뉴턴의 운동 법칙(물리, II: 원운동, 구심력, 힘의 평형)

4.4 일반 전형 자연계열(물리) 논술고사 출제 근거

4.4.1 교육과정 근거

적용 교육과정	1. 교육인적자원부 고시 제2009-41호[별책9] “과학과 교육과정”				
관련 성취기준	<p>[물리 I]-(1) 시공간과 우주 - (가) 시간, 공간, 운동 ④ 뉴턴의 운동법칙을 1차원 운동에 적용하고, 스포츠 등에서 첫격량과 운동량 변화의 관계를 이해한다.</p> <p>[물리 II]-(1) 운동과 에너지 - (가) 힘과 운동 ⑥ 단진동의 의미와 진자의 주기에 영향을 주는 변인을 이해한다.</p> <p>[물리 II]-(1) 운동과 에너지 - (나) 열에너지 ② 기체의 내부에너지와 온도, 압력 등을 분자 운동의 개념으로 이해한다.</p> <p>[물리 II]-(2) 전기와 자기 - (가) 전하와 전기장 ① 전기장, 전기력선, 전위의 관계를 이해하고, 전기쌍극자의 의미를 안다.</p> <p>[물리 II]-(2) 전기와 자기 - (나) 전류와 자기장 ④ 자기장 속에서 운동하는 전하가 받는 로렌츠 힘을 안다.</p> <p>[물리 II]-(4) 미시세계와 양자현상 - (가) 물질의 이중성 ③ 드브로이의 물질파 이론과 데이비슨-저머 실험을 통하여 입자의 파동성을 이해한다.</p>				
참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리 I	곽성일 외	천재교육	2011	240, 283, 321
	물리 I	김영민 외	교학사	2011	39, 40, 146
	물리 II	김영민 외	교학사	2011	52, 79, 90, 91, 94, 97, 128, 141, 147, 148, 294
	물리 II	곽성일 외	천재교육	2011	51, 69, 106, 108, 149~151, 272~ 273
기타	수능완성 물리II	김무성 외	EBS	2015	6

4.5 일반 전형 자연계열(물리) 논술고사 고교 교사 검토의견

● 출제참여 고교교사 의견

<p>[고교교육과정 내 출제 기준에 대한 의견]</p> <p>① 고체(NaCl)의 결정 구조 : ‘교학사 물리 I 146쪽’에 NaCl 결정에 대한 설명이 제시되어 있으며, 고등학교 화학 수업을 통해서도 이온결합과 결정 구조에 대한 학습을 합니다. 또한 물리 II에서 물질파를 공부하면서 데이비슨-저머의 전자 회절 실험과 브래그 반사를 배울 때 고체의 결정 구조에 대한 개념을 추가적으로 접하기 때문에 학생들이 풀 수 있습니다.</p> <p>② 용수철로 연결된 이웃된 이온 개념, 용수철 상수의 합성 : ‘교학사 물리 II 146쪽 열전도를 설명하기 위한 분자 운동 모형’ 등에서 용수철로 서로 연결된 모형을 이용하여 전도를 학습하므로 NaCl 고체에서 이웃한 이온들이 용수철로 연결되어 있다는 제시문은 학생들이 이해할 수 있습니다. 또한 용수철의 직렬, 병렬 합성은 고교에 진학하기 전에 배우며, 이는 평소 실생활 속에서도 직관적으로 간단히 이해하고 있는 개념입니다.</p> <p>③ 이온이 받는 자기력 : 전류에 대해 학습할 때 고체, 액체, 기체에서의 전하 운반체에 따른 전류를 학습하기 때문에 물리 II에서 학습한 로렌츠 힘을 통하여 운동하는 이온이 받는 자기력을 구할 수 있습니다.</p> <p>④ 이온이 받는 저항력 : ‘교학사 물리 I 39쪽 저항력’에서 유체가 물체의 운동을 방해하는 현상을 배우고, 학생들이 풀어보는 문제집들에서도 이와 연계한 문제들이 종종 출제됩니다. 이 저항력이 물체의 운동 속력이 아니라 운동량에 비례한다고 제시문에 설명되어 있으며, 교육과정에서 운동량이 속력에 비례한다는 개념을 배우기 때문에 성실히 공부한 학생들이라면 이를 이용하여 종단속도를 구할 수 있습니다.</p> <p>⑤ 드브로이파 : 물리 II 교육과정에서 드브로이파의 개념과 파장의 길이를 구하는 공식을 배우므로, 교육과정에 따라 학습한 학생이라면 간단하게 풀 수 있습니다.</p> <p>⑥ 아보가드로수, 기체상수, 볼츠만 상수, 원자의 질량 : 물리 II 뿐만 아니라 화학에서도 공통으로 배우는 개념입니다. 교육과정에 따라 공부한 학생이라면 풀 수 있는 문제입니다.</p> <p>⑦ 전하를 모으는데 필요한 일의 양 : 대학교에서 일반물리학을 배우면 보다 자신감을 가지고 접근할 수는 있겠으나, ‘교학사 물리 II 141쪽 확인하기 3번 문항’에 1차원에서 전하를 모으는데 필요한 일의 양을 구하는 문제가 출제되어 있습니다. 물리 II를 학습한 학생이라면 2차원으로 확장하여 쉽게 풀 수 있는 문제입니다. 특히 일은 스칼라 물리량이므로 2차원에서도 계산법이 간단하기 때문에 교육과정상 벡터 물리량과 스칼라 물리량을 구분하여 연산하는 법을 배운 학생들이 간단히 풀 수 있는 문제입니다.</p>
--

● 선행학습 영향평가위원회 교사위원 검토의견

<p>[문제 분석]</p> <p>제시문의 내용은 NaCl 고체 내부의 이온 사이의 관계를 역학에서 용수철로 연결된 물체들의 구조로 환원하여 소개하고 있다. 또한 이온들의 파동성(드브로이파)과 자기장에 의해 힘(로렌츠힘)을 받는 현상에 대해 다루고 있다. 용수철에 의한 탄성력이라는 거시 세계를 모델로 분자 수준의 미시 세계를 해석하였</p>

지만, 논리적이고 단계적으로 설계된 제시문을 통해 교육과정 내에서 쉽게 이해될 수 있는 수준이다. 제시문 [가]는 물리Ⅱ의 점전하에 의한 전기적 위치에너지를 다루고 있고, 제시문 [나]는 물리Ⅰ에서 고체에서의 원자간 결합 가운데 단순한 구조인 NaCl의 결합 상태를 그림을 통해 한 눈에 알아보기 쉽게 보여주고 있다.

제시문 [다]는 이온과 이온들 사이의 힘을 용수철로 연결된 물체로 명료하게 모델화하여 이온들 사이에 작용하는 힘을 이해하기 쉬운 물리Ⅰ역학 개념을 이용하여 접근하도록 방향을 알려주고 있고, 제시문 [라]는 NaCl 수용액 안의 이온들이 3가지의 힘(①빗면에서의 중력, ②자기장에 의해 힘(로렌츠힘), ③저항력)을 동시에 받을 때의 운동을 설명하고 있다. 2009 개정 고등학교 물리 교육과정에서는 운동량에 비례한 형태의 저항력 공식($\vec{f} = -b\vec{v}$)이 직접 다루어지고 있지는 않다. 그러나 교과서(교학사 물리Ⅰ,Ⅱ)의 뉴턴 운동 법칙 단원에서 물체가 유체 속에서 움직일 때 받는 저항력을 낙하산의 예를 들어가며 배우므로 운동량(질량과 속도의 곱)의 정의로부터 간단히 운동량에 비례하는 형태로 제시된 저항력 공식은 교육과정 내에서 간단히 이해될 수 있는 수준이다.

제시문 [마]는 물질파의 개념을 간단히 다루고 있다.

문항 1은 제시문 [가]에 대한 문항으로 점전하들로 구성된 계에서 전기적 위치에너지를 구하는 내용이다. 기본적으로 2개의 점전하로 구성된 계로부터 전기적 위치에너지의 개념을 배우고, 여러 개의 점전하로 구성된 계에서의 전기적 위치에너지를 구하는 방법은 교과서 연습문제(교학사 물리Ⅱ 141쪽 ‘확인하기’: 정삼각형의 각 꼭짓점으로 전하량 $+q$ 를 모으는 데 필요한 일의 양 구하는 문제)를 통하여 익히므로 전기적 위치에너지의 원리에 대한 이해가 문제 해결의 핵심이 되고 있다.

문항 2는 제시문 [나], [다]에 대한 문항으로 NaCl 결정 구조를 역학의 용수철로 연결된 물체 구조로 모델화하여 다루고 있다. 수많은 이온들이 서로 용수철로 연결된 결정 구조이므로 용수철의 개수를 잘못 세어 고체 부피의 변화량과 압축과정에서 고체에 한 일을 틀릴 수 있으나, 기본적으로 탄성력과 일의 관계에 대한 정확한 물리 개념을 요구하는 문항이다.

문항 3은 제시문 [라], [마]에 대한 문항으로 빗면에서 이온이 받는 중력과 저항력의 평형 상태를 이해하고 올바른 운동방정식을 세워 종단 속도와 이때의 물질파(드브로이파)의 파장을 구하도록 하는 문항이다.

문항 4는 제시문 [라]에 대한 문항으로 빗면에서 운동하는 질량과 전하량이 서로 다른 두 이온이 자기장이 있는 영역에 들어가면서 어떻게 운동하는 가를 비교하여 묻는 문항이다. 앞서의 문항과 달리 수학적 계산을 배제하고 운동하는 이온의 속도, 자기장에 의한 힘(로렌츠힘), 이온의 운동 속도 변화에 따른 저항력의 변화를 동시에 고려하여 이온을 운동을 개념적으로 설명하는 과정에서 물리에 대한 정성적 이해력을 평가할 수 있는 문항이다.

전체적으로 주어진 제시문을 근거로 물리적 개념을 적용하면 해결이 가능한 문항이다.

[평가]

일부 제시문은 교육과정에서 직접적으로 접하지 않는 소재(예를 들어, $\vec{f} = -b\vec{v}$)를 다루고 있지만 기본 물리 개념(예를 들어, 운동량의 정의)을 알면 바로 이해할 수 있는 간단한 내용을 다루고 있어 교육과정 수준에서 모든 제시문과 문항 내용을 충분히 이해할 수 있는 수준으로 다루고 있다. 특히 제시문의 선정은 철저하게 교과서를 바탕으로 이루어졌으므로 물리Ⅰ,Ⅱ 역학, 물질의 구조와 성질, 로렌츠힘, 물질파 부분을 개념적으로 정확하게 이해하면 해결과정은 어렵지 않은 문항으로 선행학습이 필요한 수준이 아니며, 물리에 대한 정성적 이해력을 묻는 문항 4에서처럼 혹시 선행학습이 있어도 선행학습이 해결과정에 유의미한 영향을 줄 수 있는 여지를 찾기 어려우므로 사교육을 유발 요소도 보이지 않는다.